E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 40, ianuarie 1989

1

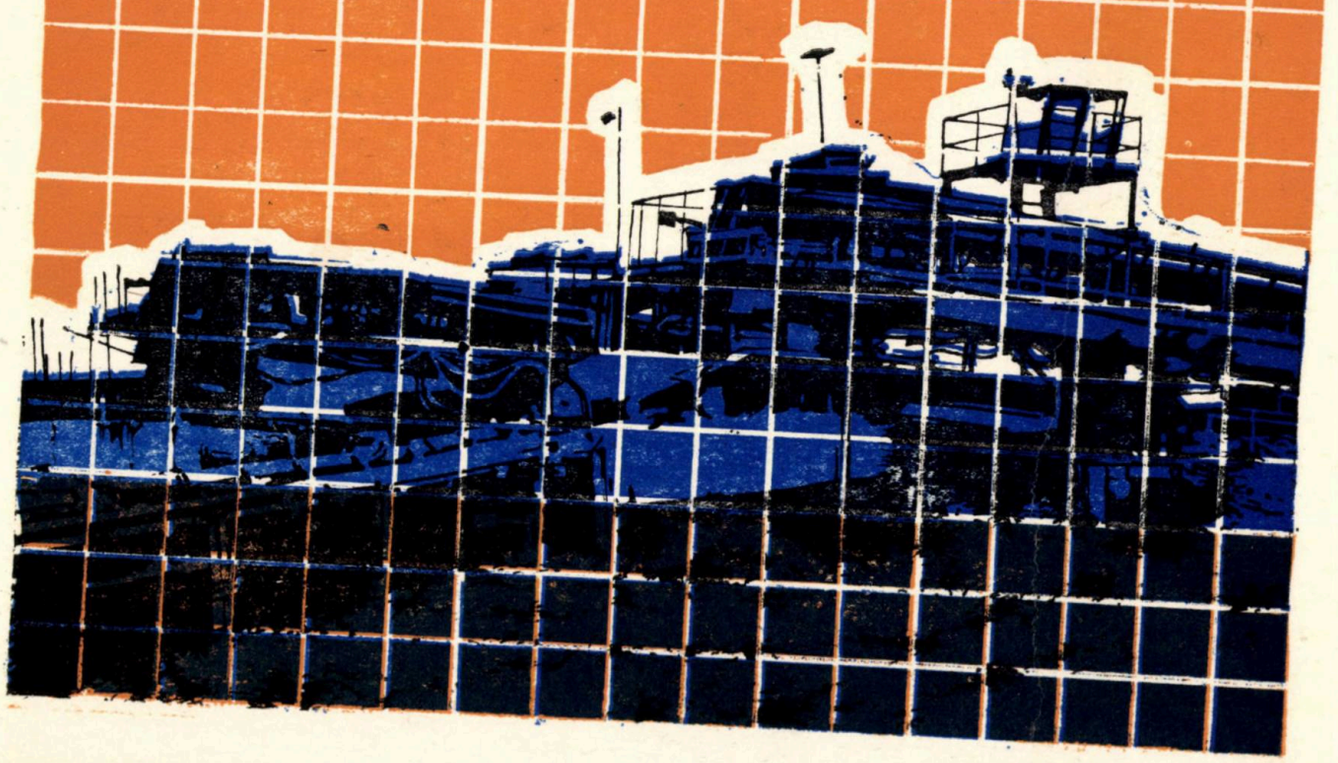
# MINISTERUL MINELOR

## ICITPML · CRAIOVA · ROMANIA

STR. UNIRII 139

OFERA:

- consultaţii tehnice şi expertize în domeniul exploatărilor la zi, al construcţiei minelor pentru cărbune energetic, al asecării zăcămintelor;
- studii de fezabilitate, cercetări tehnologice şi proiecte pentru valorificarea zăcămintelor de cărbune energetic;
- studii de fezabilitate, cercetări tehnologice şi proiecte pentru exploatarea la zi şi asecarea zăcămintelor;
- tehnologii şi proiecte pentru excavarea şi transportul în exploatările la zi;
- proiecte pentru lucrări de artă, construcţii civile şi industriale, proiecte de organizare a şantierelor miniere;
- studii şi cercetări geotehnice şi de mecanica rocilor.



# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XL

Nr. 1 1989

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI


MAGYAR KÖZGAZDASÁGI MÚZEUM KÖNYVTÁR

## CUPRINS


**Cuvîntul profesorului universitar dr. ing. Dumitru Fodor — rectorul Institutului de Mine Petroşani — la Sesiunea de comunicări ştiinţifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a institutului** . . . 5

**Cuvîntul profesorului universitar dr. ing. Dumitru Săndulescu — rectorul Institutului de Petrol şi Gaze Ploieşti — la Sesiunea de comunicări ştiinţifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a institutului** 9

*Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I.* **Dispozitiv pentru măsurarea forţei din ramurile lanţurilor de tractare miniere (DMFL)** . . . . . 12

*Pascu, D., Makkai, I.* **Despre perfecţionarea sistemelor de amenajare-echipare a puţurilor de mină** . . . . . 15

*Minarj, V., Godek, G., Şmerda, F.* **O nouă soluţie constructivă a principalelor subansamble ale instalaţiei cu plug PL-81** 25

*Drăgilă Marioara, Dumitrescu, N.* **Asupra prezenţei fluorinei în Munţii Highiş** . . . . . 32

*Cristescu, C.* **Metodologie de verificare a stabilităţii cilindrilor hidraulici telescopici prin utilizarea calculatorului electronic** . . . . . 36

*Pavel, A., Kulin, M.* **Tensometria electrorezistivă a stării de tensiuni mecanice în teurile de mari dimensiuni presurizate hidraulic la interior** . 39

*Pârcălăbescu, I. D., Nistor, I.* **Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a mediului solid din structura Mitrofani** . 42

*Moisin, A.* **Începuturile exploatărilor petrolifere Băicoi, Ţintea şi Liliești — Dîmbu** . . 50



### COLEGIUL DE REDACŢIE

*Preşedinte:* ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


*Cuvîntul profesorului universitar dr. ing. Dumitru Fodor — rectorul Institutului de Mine Petroşani — la Sesiunea de comunicări ştiinţifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a institutului*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

*Cuvîntul profesorului universitar dr. ing. Dumitru Săndulescu — rectorul Institutului de Petrol şi Gaze Ploieşti — la Sesiunea de comunicări ştiinţifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a institutului*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 531.78:622.625.5.06

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *Dispozitiv pentru măsurarea forţei din ramurile lanţurilor de tractare miniere (DMFL)*

Se prezintă un dispozitiv simplu, portabil, autonom energetic, cu ajutorul căruia se pot măsura valorile tensiunilor statice din ramurile lanţurilor de tractare miniere, realizat şi încercat pentru trei tipuri de lanţ, în atelierul de microproducţie al Institutului de Mine Petroşani.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.251.6:622.67:622.4

Pascu, D., Makkai, I. *Despre perfecţionarea sistemelor de amenajare-echipare a puţurilor de mină*

Analizînd ultimele realizări ale tehnicii mondiale în domeniul amenajării puţurilor adînci şi de mare capacitate, autorii prezintă principalele rezultate în acest domeniu, menite să conducă la reducerea consumului de metal de la construcţiile miniere, ridicarea parametrilor tehnico-funcţionali ai instalaţiilor de extracţie, reducerea consumului de energie pentru aerajul general prin îmbunătăţirea parametrilor de aeraj al secţiunii puţului.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.232.75

Minarj, V., Godek, G., Şmerda, F. *O nouă soluţie constructivă a principalelor subansamble ale instalaţiei cu plug PL—81*

Urmare conlucrării dintre lucrătorii minei Staržich, Întreprinderii Ostroj-Opava şi Institutului de mine şi metalurgie din Ostrava (R.S.C.) şi în baza studierii condiţiilor de exploatare a instalaţiilor cu plug, s-au rezolvat, din punct de vedere constructiv, unele subansamble ale instalaţiei cu plug PL-81, ale cărei caracteristici, componente şi performanţe sînt redate în articol.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.363.412

Drăgilă Marioara, Dumitrescu, N. *Asupra prezenţei fluorinei în Munţii Highiş*

Mineralizaţia de fluorină din Munţii Highiş, observată şi identificată la microscop în anul 1980, prezintă interes ştiinţific; cercetată în continuare cu lucrări geologice miniere pe direcţie şi, mai ales, în adîncime, va prezenta probabil şi interes economic.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.24.053

Cristescu, C. *Metodologie de verificare a stabilităţii cilindrilor hidraulici telescopici prin utilizarea calculatorului electronic*

În lucrare se propune o metodologie de verificare a stabilităţii cilindrilor hidraulici telescopici, etapele acesteia fiind evidenţiate pe un exemplu practic. În final se indică direcţii de optimizare a proiectării cilindrilor hidraulici telescopici, fapt care conferă lucrării o deosebită eficienţă, în practica de proiectare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.692.4

Pavel, A., Kulin, M. *Tensometria electrorezistivă a stării de tensiuni mecanice în teurile de mari dimensiuni presurizate hidraulic la interior*

Se prezintă datele şi rezultatele primare privind testarea în laborator, în condiţiile tensometriei electrorezistive în regim de presurizare hidraulică interioară, a două teuri industriale de mari dimensiuni. În stadiul final al experimentărilor, teurile respective s-au presurizat pînă la distrugere.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.349.5

Pârcălăbescu, I. D., Nistor, I. *Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a mediului solid din structura Mitrofani*

Analizele roentgenostructurale — metoda difracţiei razelor X prin cristale — pun în evidenţă prezenţa multor reţele cristaline uranifere şi thorifere, alături de cuarţ, zeoliţi, calcit şi argile. Folosind legităţile radiochimiei, se sugerează ipoteza existenţei unui reactor nuclear natural.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.323(09)

Moisin, A. *Începuturile exploatărilor petrolifere Băicoi, Ţintea şi Liliești — Dîmbu*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

# CONTENTS

*The address of professor dr. eng.* Dumitru Fodor *— the rector of the Petroşani Mining Institute — at the Scientific Session organized on the occasion of Institute's 40 years of activity*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

*The address of professor dr. eng.* Dumitru Săndulescu *— the rector of the Ploieşti Oil and Gas Institute — at the Scientific Session organized on the occasion of the Institute's 40 years of activity*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 531.78:622.625.5.06

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *A device that measures the pressure in mining traction chains*

A simple portable autonomous device is presented, by the help of which the values of static pressures in mining traction chains can be measured; it has been conceived and tested on three chain types at the Petroşani Mining Institute laboratory.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.251.6:622.67:622.4

Pascu, D., Makkai, I. *On the improvement of systems for the development and equipping of shafts*

Analysing the latest achievements of world technology in the field of large, deep shaft equipment, the authors present the most important results, meant to bring about a reduction of metal consumption, an improvement of the technico-functional parameters of winding machines and a reduction of power consumption for ventilation, by the improvement of ventilation parameters of shaft section.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.232.75

Minarj, V., Godek, G., Şmerda, F. *A new constructive solution for the main understructure of the PL-81 plough installation*

As a result of cooperation between the workers in the Starzich mine of the Ostroj-Opava Mining Enterprise and the Mining and Metallurgy Institute of Ostrava (Czechoslovakia) and after studying the work conditions for plough installations, parts of the understructure of the PL-81 have been improved; the characteristics, component parts and machine performances are given in the article.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.363.412

Drăgilă Marioara, Dumitrescu, N. *On the presence of fluorspar in the Highiş Mountains*

The fluospar mineralization in the Highiş Mountains, which was discovered and identified in 1980, presents interest from a scientific viewpoint; if the exploration work will continue with directional and especially deep geological workings, probably it will present an economic interest as well.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Cristescu, C. *A method for the checking of hydraulic telescopic cylinders stability by the electronic computer*

The article presents a method for the checking of telescopic hydraulic cylinders, its stages being pointed out by an example in the practical activity. In the end, the author points out some possibilities for a better design of telescopic hydraulic cylinders, for a higher efficiency in the activity of designers.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.692.4

Pavel, A., Kulin, M. *The electroresistive tensometry of mechanical tensions in the large elbow pieces which are hydraulically pressurized on the inside*

The primary results and data regarding the laboratory testing, in conditions of electroresistive tensometry with inner hydraulic pressure of two large industrial elbow picese are presented. In the final stage of the experiments, the respective elbows were pressurised until they were destroyed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.349.5

Pârcălăbescu, I. D., Nistor, I. *On the chemico-mineralogical composition of the solid environment of the Mitrofani formation*

The roentgeno-structural analysis — the method of X-ray difraction by the help of crystals — stresses the presence of many uraniferous and thoriferous networks, together with quartz, zeolite, clay and calcite ones. Using the radiochemistry laws, the existence of a natural nuclear reactor is suggested.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.323(09)

Moisin, A. *The beginnings of the Băicoi, Ţintea and Lilieşti—Dimbu oil fields*

---

# СОДЕРЖАНИЕ

*Выступление профессора д-р инж.* Думитру Фодор *— ректора Горного Института Петрошань — на Сессии научных сообщений с 40-ой годовщиной института*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

*Выступление профессора д-р. инж.* Думитру Сэндулеску *— ректора Института нефти и газа Плоешть — на Сессии научных сообщений с 40-ой годовщиной института*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 531.78 :622.625.5.06

Замфир, В., Илияш, Н., Андраш, И. *Устройство для измерения усилия в ветвях тяговых цепей (ДМФЛ)*

Представлено простое переносное устройство, энергетически автономное, с помощью которого можно измерить значения статических напряжений в ветвях тяговых цепей, реализовано и испытано для трёх типов тяговых цепей в мастерской микропроизводства Горного института Петрошань.

Ключевые слова: устройство, усилие, измерение, тяговая цепь, напряжение, испытание, институт.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

# Cuvîntul profesorului universitar dr. ing. Dumitru Fodor—rectorul Institutului de Mine Petroşani — la Sesiunea de comunicări ştiinţifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a Institutului

Îmi revine plăcuta misiune de a adresa în numele studenţilor şi cadrelor didactice un călduros „Bun venit" participanţilor la Sesiunea ştiinţifică cu prilejul aniversării a 40 de ani de la înfiinţarea Institutului de Mine din Petroşani.

Cuprinşi de emoţia firească a momentului pe care-l trăim, ne îndreptăm gîndurile spre treptele urcate de Institutul de Mine, pînă la această importantă aniversare.

În anul reformator democratic 1948, prin Decretul nr. 175, a fost înfiinţat la Petroşani „Institutul Cărbunelui". Această instituţie de învăţămînt tehnic superior — într-un impresionant arc în timp, în care pasiunea de a instrui şi dorinţa de a se instrui au primat — a adus în cei 40 de ani de activitate, o substanţială contribuţie la dezvoltarea cultural-ştiinţifică şi tehnico-economică, prin pregătirea la un nivel calitativ superior a celor peste 12 000 de cadre date industriei, cercetării, proiectării şi învăţămîntului de profil, printre care aproape 250 de studenţi proveniţi din peste 30 de ţări ale lumii, situînd treptat institutul în rîndul instituţiilor de recunoscut prestigiu din România şi din lume.

„Institutul Cărbunelui" şi-a deschis porţile la 1 decembrie 1948 cu anii de studiu I, II şi III, avînd o singură secţie „Exploatarea şi prepararea zăcămintelor de cărbuni". Studenţii din anul I au fost recrutaţi pe baza examenului de admitere, iar cei din anii II şi III au fost transferaţi de la facultăţile de mine de pe lîngă şcolile politehnice din Bucureşti şi Timişoara. Numărul total al studenţilor, în primul an de existenţă, a fost de 135, instruirea asigurîndu-se de către un corp didactic ce număra opt cadre didactice cu funcţia de bază în institut şi 20 specialişti din unităţi de producţie, care funcţionau în cadrul a trei catedre de specialitate.

Începînd cu anul şcolar 1949/1950 se înfiinţează o nouă facultate, aceea de „Electromecanică minieră", procesul de învăţămînt organizîndu-se pe opt semestre. Mergînd pe linia dezvoltării continue, în anul şcolar 1951/1952 „Facultatea de exploatări miniere", sub noul său apelativ, şi-a lărgit profilul de specializare prin înfiinţarea secţiei de „Topografie minieră".

Începutul anului universitar 1957/1958 marchează cel mai important pas în dezvoltarea institutului, prin concentrarea la Petroşani a întregului învăţămînt superior minier din România, ambele facultăţi existente asigurînd pregătirea specialiştilor prin secţii de zi, serale şi fără frecvenţă. Ca urmare a cerinţelor impuse de nevoile economiei naţionale, în anul 1959 se înfiinţează secţia de „Prepararea cărbunilor şi minereurilor", iar în anul 1968, în cadrul ambelor facultăţi, încep să fie pregătiţi şi subingineri, atît la secţiile de zi, cît şi la cele serale. Tot acum se înfiinţează Institutul de subingineri din Hunedoara, a cărui coordonare este încredinţată, pînă în anul 1974, Institutului de Mine din Petroşani.

Nomenclatorul de specialităţi necesare economiei naţionale fiind continuu perfecţionat, în anul 1977 „Facultatea de electromecanică minieră", care pentru puţin timp s-a numit „Facultatea de utilaj tehnologic", se transformă în „Facultatea de maşini şi instalaţii miniere".

Astăzi, Institutul de Mine din Petroşani funcţionează cu două facultăţi : „Facultatea de mine" şi „Facultatea de maşini şi instalaţii miniere" în profilele : mine, mecanic şi electric, pregătind ingineri şi subingineri pentru specialităţile : Exploatări miniere subterane ; Exploatări miniere la zi ; Topografie minieră ; Prepararea substanţelor minerale utile ; Maşini şi instalaţii miniere ; Electromecanică minieră. Cei aproape 4 000 de studenţi actuali sînt pregătiţi la cursurile de zi şi serale de un corp profesoral, însumînd 160 de cadre didactice cu funcţia de bază în institut, completat, în mod armonios, de peste 120 cadre didactice asociate, recrutate dintre cei mai valoroşi specialişti din unităţile economice ale bazinului carbonifer Valea Jiului şi ale judeţului Hunedoara.

În ceea ce priveşte baza materială a institutului, aceasta a cunoscut în cei 40 de ani o substanţială creştere. Pentru cei care au fost primii —fie studenţi, fie cadre didactice — se mai păstrează încă în amintire imaginea localului de pe strada Mihai Eminescu nr. 17, care, cu tot aspectul său îngrijit, dispunea de un spaţiu mult prea redus pentru a ne putea desfăşura activitatea la nivelul cerut unui institut de învăţămînt superior (spaţiul consta din patru săli de cursuri, trei laboratoare, o sală de desen şi cîteva încăperi pentru administraţie).

Astăzi, prin grija permanentă a partidului şi a statului, Institutul de Mine din Petroşani dispune de o bază didactico-materială valorînd peste 300 milioane lei, constituită din nume-

roase amfiteatre și săli de seminarii, 65 laboratoare, un cabinet de protecția muncii, o aulă, o platformă de mașini miniere, o sală de sport, un modern atelier de producție — loc de practică cu profil productiv —, o bogată bibliotecă universitară, deținătoare a peste 300 000 volume. În biblioteca institutului se află peste 400 titluri de lucrări didactice și tratate de specialitate elaborate de cadrele didactice proprii, apărute în edituri centrale și în sectorul de publicații al institutului. Dispunem, de asemenea, de o bază sportivă, de șase cămine și cantine, de un club cultural studențesc, toate acestea asigurînd condiții bune de studiu, de desfășurare a unei asidue activități de cercetare, de petrecere plăcută a timpului liber, cît și condiții optime de viață pentru studenți.

Strîns legate de înființarea și dezvoltarea în timp a Institutului de Mine din Petroșani sînt eforturile pasionate, pline de dăruire, ale înaintașilor: profesor *Vasile Poboran*, primul conducător al institutului — model de viață pilduitoare pentru generații; profesor *Mititelu Claudiu;* specialistul *Martin Biro;* profesor univ. dr. doc. *Ștefan Covaci*, primul rector al institutului, în timpul căruia se concentrează întregul învățămînt superior minier la Petroșani și se dezvoltă în mod susținut baza materială a acestuia; profesor emerit dr. doc. *Aron Popa* — conducător competent, care a asigurat timp de peste 13 ani prosperitatea institutului; profesor univ. dr. doc. *Ilie Constantinescu*, omniprezent la toate realizările institutului, de la înființare, în funcțiile de prodecan, decan, prorector și rector. Eforturile și străduințele acestor înaintași au stat la baza înălțării și consolidării institutului în care s-au format patruzeci de promoții de specialiști necesari economiei românești.

Această răsfoire a filelor încărcate de realizări, sub conducerea unor reputați conducători, reprezintă nevoia de a-i cinsti pe fiecare după vrednicia și rodnicia muncii sale și de a recunoaște că sămînța tenacității, aruncată cu dragoste și conștiință de aceștia, a rodit treptat în anii următori în eforturile, dăruirea, competența și pasiunea multora din dascălii actuali ai institutului, tineri și virstnici.

Institutul de Mine din Petroșani își leagă perioada de ascensiune înfloritoare de anii de după cel de-al IX-lea Congres al Partidului Comunist Român, anii unor evidente îmbunătățiri privind numărul și calitatea celor pregătiți, precum și al unor însemnate investiții materiale ce au îmbogățit substanțial zestrea institutului cu dotări pe măsura unui învățămînt modern.

Direcția principală a procesului de dezvoltare și perfecționare a învățămîntului constituind-o îmbunătățirea continuă a conținutului și eficienței procesului de instrucție, educație, creație, ne-am preocupat în permanență de restructurarea și modernizarea planurilor de învățămînt și a programelor analitice, de ridicare la înalte cote științifice a cursurilor elaborate și predate, pentru continua perfecționare și creșterea eficienței practicii studențești și, mai ales, pentru intensificarea și îmbunătățirea permanentă a procesului de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția.

Ca urmare a muncii pline de responsabilitate, desfășurate de către cadrele didactice și de studenți, sub directa îndrumare a organelor și organizațiilor de partid, rezultatele profesionale din institutul nostru s-au materializat, an de an, prin creșterea lor calitativă, sub forma promovabilității, a notelor peste șapte, a mediilor între 9 și 10 și chiar 10.

Înțelegînd perfect importanța acțiuni de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția, institutul nostru a reușit, cu mulți ani în urmă, să depășească granițele ce separau activitatea didactică de cea științifică, dintre instrucție și nevoile producției nemijlocite, căutînd și statuînd o diversitate de forme de integrare.

Astfel, cadrele didactice universitare efectuează stagii de perfecționare în producție, cercetează și pun în aplicare rezultatele ce vin în sprijinirea creșterii producției și productivității muncii, participă, de asemenea, în consiliile tehnice ale unităților miniere, fac parte din comisiile de recepție și de dare în exploatare a unor obiective industriale, sînt membri în consiliile tehnice de avizare a proiectelor și studiilor de specialitate.

Specialiști valoroși din sfera productivă, a cercetării și proiectării, participă la activitatea didactică, la cea de coordonare a practicii studențești, precum și la coordonarea proiectelor de diplomă.

Studenții institutului efectuează practica productivă la unități miniere, în regim de angajat, asigurîndu-se realizarea funcțiilor educative, instructive și productive, iar instruirea aplicativă la disciplinele tehnologice are loc pe platformele industriale ale bazinului Valea Jiului, ale județului Hunedoara și județelor limitrofe, unde comunicarea cunoștințelor, în prezența instalațiilor și utilajelor ce se folosesc în activitatea productivă, duce la o mai rapidă și completă însușire a acestora.

Institutul asigură perfecționarea științifică a cadrelor tehnice cu pregătire superioară prin organizarea anuală a cursurilor postuniversitare pentru specialitățile „Mecanizarea lucrărilor miniere", „Aerajul și protecția muncii în mină" și „Prepararea și valorificarea superioară a substanțelor minerale utile", precum și a doctoratului în specialitățile: „Mine, mașini, insta-

laţii şi electromecanică minieră", „Topografie, geodezie şi fotogrammetrie", „Metalurgia metalelor neferoase şi prepararea minereurilor", „Ingineria proceselor de producţie", „Maşini, aparate şi acţionări electrice" şi „Electroenergetică". Conducerea ştiinţifică a acestor specializări este asigurată, la cote valorice superioare, de către cadre didactice experimentate, cu un recunoscut prestigiu naţional şi internaţional.

De asemenea, institutul organizează sesiuni ştiinţifice anuale cu participarea numeroasă a specialiştilor din producţie, cercetare, proiectare, supunînd dezbaterii probleme stringente ale industriei miniere. Lucrările valoroase prezentate în cadrul acestor sesiuni fac obiectul publicaţiei „Lucrările ştiinţifice ale Institutului de Mine Petroşani", ajunsă în 1988 la cel de-al XX-lea volum de apariţie.

Cunoscînd că materiile prime minerale şi resursele energetice au constituit întotdeauna una din problemele cruciale ale societăţii, ale politicii economice a statului, factor indispensabil al dezvoltării, componentă de bază a integrării, cercetarea ştiinţifică a fost în permanenţă orientată spre găsirea de noi soluţii în vederea creşterii şi valorificării superioare a resurselor minerale.

În toţi anii, cercetarea ştiinţifică din cadrul institutului s-a desfăşurat de către colective mixte (cadre didactice, studenţi, specialişti din producţie) pe bază de contracte încheiate cu unităţile productive. În acest moment de bilanţ aniversar avem satisfacţia că Institutul de Mine din Petroşani a rezolvat peste 1 000 teme de cercetare puse în slujba minerităului românesc. Temele au avut şi au continuu în vedere probleme importante ale industriei extractive miniere, vizînd în mod expres : exploatarea raţională şi integrală a unor zăcăminte de substanţe minerale utile ; mecanizarea şi automatizarea proceselor tehnologice în abataje şi la executarea lucrărilor miniere de deschidere şi pregătire, în vederea creşterii producţiei şi productivităţii muncii ; reducerea consumurilor de energie şi materiale şi utilizarea raţională a acestora ; perfecţionarea şi modernizarea metodelor şi proceselor de preparare în vederea creşterii gradului de recuperare a substanţelor minerale utile ; îmbunătăţiri constructive la maşinile şi utilajele miniere în vederea creşterii fiabilităţii şi reducerii importului ; organizarea ştiinţifică a producţiei şi a muncii ; creşterea gradului de securitate a muncii în minerit şi altele.

Pe lîngă preocupările acestor colective mixte de cercetare, studenţii institutului nostru realizează, sub îndrumarea corpului profesoral, o cercetare ştiinţifică proprie în cercurile ştiinţifice studenţeşti. An de an, au crescut atît numărul cercurilor, a componenţilor lor, cît şi al temelor de cercetare luate în studiu şi finalizate. Studenţii institutului au fost gazdele a numeroase confruntări ştiinţifice naţionale şi au participat în permanenţă la cele organizate de alte instituţii de învăţămînt superior din ţară. În cadrul acestor confruntări importanţa deosebită a tematicilor luate în studiu şi modul de rezolvare au adus studenţilor noştri numeroase premii şi menţiuni. În acelaşi timp, este de subliniat faptul că, încă de la înfiinţarea institutului şi pînă în prezent, studenţii minieri şi-au făcut pe deplin simţită prezenţa în viaţa culturală şi spirituală a municipiului Petroşani şi a judeţului Hunedoara, precum şi în viaţa sportivă de masă şi de performanţă, pentru care în nenumărate ocazii li s-au adus aprecieri şi elogii.

O altă formă de bază a procesului integrării — practica productivă — s-a bucurat în permanenţă de o atenţie deosebită, atît în ceea ce priveşte buna ei organizare, cît şi perfecţionarea conţinutului acesteia, corespunzător mutaţiilor tehnice ce au loc în unităţile economice, asigurînd studenţilor o pregătire calitativ superioară, precum şi un spor de producţie unităţilor economice.

Preocuparea de bază a institutului în activitatea de cercetare a fost, în permanenţă, aceea a valorificării şi introducerii în procesul de producţie a rezultatelor cercetării ştiinţifice. Din multitudinea prototipurilor realizate de către colectivele de cercetare şi inovare tehnico-ştiinţifică ale institutului şi aplicate în producţie exemplificăm : instalaţii mobile de perforat tip IMP-1 (cu un perforator) şi tip IMP-2 (cu două perforatoare) ; organe de tăiere pentru combine de abataj şi pentru combine de înaintare ; vagon-siloz autodescărcător ; supravegherea automată a proceselor de preparare ; automatizarea cu microprocesor a instalaţiilor de extracţie realizate în ţară ; automatizarea complexelor mecanizate de abataj pentru strate de cărbune subţiri ş.a.

Permanentizarea legăturilor strînse dintre Institutul de Mine din Petroşani şi unităţile productive ale bazinului Valea Jiului, Combinatul minier Valea Jiului, cu institutele de cercetare-proiectare din judeţ, cu Centrul de cercetări şi inginerie tehnologică pentru securitate minieră din Petroşani, uzinele constructoare de utilaj minier, amplasate în mod fericit pe aceeaşi platformă comună a judeţului Hunedoara, duce la întărirea factorilor calitativi şi pune la dispoziţia producţiei soluţii, metode, tehnici care permit obţinerea de producţii ridicate, în condiţii de sporită securitate a muncii.

Pentru viitor, cunoscînd sarcinile deosebit de mobilizatoare ce-i revin industriei extractive miniere, în vederea obţinerii de cantităţi sporite de materii prime minerale, un rol de primă însemnătate revenindu-i cercetării ştiinţifice şi inovării tehnologice, aşa după cum sublinia tovarăşa academician doctor ing. **Elena Ceauşescu** : „Să facem totul încît cercetarea ştiinţifică

din toate domeniile, în strînsă unitate cu învăţămîntul şi cu producţia, să devină un factor hotărîtor al dezvoltării patriei noastre, al ridicării ei pe noi culmi de progres şi civilizaţie", toate colectivele de cercetare din Institutul de Mine din Petroşani vor fi plenar mobilizate în amplificarea permanentă a activităţii de creaţie-inovaţie pentru a fi în măsură să contribuie, în mod hotărîtor, la realizarea cu succes a tuturor obiectivelor fixate de Partidul Comunist Român, de secretarul său general, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**.

Printre multiplele responsabilităţi şi preocupări care s-au manifestat încă de la înfiinţarea institutului a fost şi continuă să fie stabilirea şi dezvoltarea permanentă a unor utile forme de cooperare internă şi internaţională cu institute de învăţămînt superior, cu întreprinderi productive, cu institute de cercetare-proiectare, considerînd aceasta o necesitate firească pentru ridicarea nivelului procesului de învăţămînt, pentru creşterea prestigiului în ţară şi peste hotare. Desfăşurarea la cote valorice înalte a multiplelor sale activităţi didactice şi ştiinţifice i-au adus într-adevăr institutului un binemeritat prestigiu internaţional, fapt confirmat de corespondenţa externă care solicită participări la simpozioane, publicaţii, congrese sau primiri de studenţi şi specialişti la studii.

Fără a enumera multiplele noastre forme de cooperare internaţională, evidenţiez faptul că institutul nostru a fost prezent cu lucrări la congresele internaţionale miniere ce au avut loc la : Freiberg, Miskolc, Praga, Liège, Londra, Lucerna, Varna, Detroit, Istambul, Bucureşti, Torino, Lima, New-Delhi, Belgrad etc., cadre didactice de prestigiu din cadrul Institutului de Mine din Petroşani fiind membri permanenţi ai comitetelor de organizare a acestor manifestări ştiinţifice de o deosebită importanţă pentru prosperitatea industriei miniere. O serie de cadre didactice ale institutului fac parte din birourile diferitelor forumuri internaţionale din domeniul mineritului. De asemenea, prezenţa lucrărilor elaborate de un număr însemnat de cadre didactice din institut în prestigioase reviste sau edituri din străinătate demonstrează elocvent atît preocupările majore ale corpului nostru profesoral, cît şi competitivitatea ştiinţifică internaţională a acestui institut de învăţămînt superior al României.

Demonstrînd prin zecile de promoţii de absolvenţi existenţa continuităţii, ne face deosebită plăcere să evidenţiem faptul că serioasa pregătire din institut a asigurat realizări meritorii obţinute de aceştia, că în tot ceea ce s-a realizat şi se realizează în industria extractivă a României se regăsesc gîndirea, eforturile, pasiunea, competenţa, talentul foştilor studenţi ai amfiteatrelor Institutului de Mine din Petroşani. Trebuie să mai arătăm că mare parte din absolvenţii noştri au devenit personalităţi marcante ale ştiinţei şi tehnicii româneşti, conducători de mari unităţi economice, cadre didactice de înaltă competenţă, cercetători de recunoscut prestigiu, specialişti cu funcţii de răspundere ştiinţifică, tehnică şi practică, la importante institute de cercetare şi proiectare, la nivelul ministerelor sau în forumuri de decizie ale economiei naţionale, toţi făcîndu-şi pe deplin datoria şi înscriindu-şi cu mare cinste numele în rîndul specialiştilor de valoare ai României socialiste.

Toţi cei care activăm la catedrele învăţămîntului superior minier, vom depune toate eforturile ca în activitatea viitoare — aşa după cum sublinia tovarăşa academician doctor ing. **Elena Ceauşescu**, la recenta plenară a Comitetului Central al P.C.R. „. . .să înarmăm absolvenţii noştri cu cele mai noi cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii, ale cunoaşterii umane, să le asigurăm o temeinică pregătire teoretică şi practică, pentru a putea să se încadreze, în cele mai bune condiţiuni, în producţie". Totodată, vom îmbunătăţi activitatea politico-educativă, de ridicare a nivelului de cultură şi conştiinţă revoluţionară al viitorilor specialişti minieri.

Adresăm calde mulţumiri organelor municipale şi judeţene de partid, Combinatului minier Valea Jiului, Centralei minereurilor Baia Mare, tuturor centralelor, combinatelor şi întreprinderilor industriale cu profil minier, institutelor de cercetări şi proiectări de profil, Ministerului Educaţiei şi Învăţămîntului şi Ministerului Minelor pentru îndrumarea deosebit de competentă, pentru ajutorul preţios dat în dezvoltarea continuă a bazei materiale, pentru colaborarea fructuoasă, statornicită pe parcursul celor 40 de ani.

Beneficiind de toate condiţiile, ca hotărîrile adoptate la înaltele forumuri politice, din ţara noastră, în mod expres pentru industria extractivă minieră, să fie pe deplin înfăptuite, ne angajăm plenar ca noi toţi să participăm şi pe viitor, cu acelaşi înalt sentiment patriotic la înfăptuirea unui învăţămînt modern, de înaltă ţinută ştiinţifică, integrat profund procesului revoluţionar de făurire a societăţii socialiste multilateral dezvoltate şi de înaintare a României spre comunism.

Urez succes deplin lucrărilor sesiunii şi spor la muncă tuturor acelora ce sînt angajaţi cu pasiune în vastul şantier al muncii creativ-educative şi productive. În acest fel vom răspunde prin fapte demne de importanţa care ni se acordă chemării adresate de secretarul general al partidului, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**, minerul nostru de onoare, de a ne implica în continuare, ferm şi responsabil, în nobila misiune de ridicare pe noi trepte de progres şi civilizaţie a scumpei noastre patrii, în care muncim şi trăim, Republica Socialistă România.

C.Z. 622.251.6 :622.67 :622.4

Паску, Д., Маккай, И. *Об усовершенствовании систем сооружения-оборудования шахтных стволов*

Анализируя последние достижения мировой техники в области сооружения и оборудования глубоких стволов большой мощности, авторы представляют главные результаты, приводящие к сокращению расхода металла для шахтных сооружений, повышению технико-функциональных параметров горно-добывающих установок, сокращению расхода энергии для общего проветривания улучшением параметров проветривания сечения ствола.

Ключевые слова: усовершенствование, сооружение, ствол, мировая техника, рузультаты, расход, проветривание.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.232.75

Минарж, В., Годек, Г., Шмерда, Ф. *Новое конструктивное решение главных узлов струговой установки ПЛ-81*

Вследствии сотрудничества работников шахты Стажич, предприятия Острой Опава и Горного и металлургического института Острава (ЧССР), а также на основе изучения условий эксплуатации струговых установок находились конструктивные решения узлов струговой установки ПЛ-81, характеристики, составные части и рузультаты которой представлены в статье.

Ключевые слова: конструктивное решение, узлы, струговая установка, условие, характеристики, результаты.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.363.412

Дрэджилэ Марioара, Думитреску, Н. *О присутствии флюорита в Горах Хигиш*

Минералообразование флюорита в Горах Хигиш, идентифицировано и изучено на микроскопе в 1980г., представляет научный интерес; дальнейшее исследование с помощью горных геологических выработок по направлению и глубине продемонстрирует имеет ли эта минерализация экономическое содержание?

Ключевые слова: флюорит, Горы Хигиш, образование, исследование, геологические выработки, экономическое содержание.

Mne, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Кристеску, К. *Методика испытания устойчивости гидравлических телескопических цилиндров использованием ЭВМ*

В статье предложена методика испытания устойчивости гидравлических телескопических цилиндров; стадии методики выявлены практическим примером. В заключении указаны направления оптимизации проектирования гидравлических телескопических цилиндров, что демонстрирует эффективность работы при проектировании.

Ключевые слова: методика, цилиндр, испытание, ЭВМ, пример, оптимизация, эффективность, проектирование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.692.4

Павел, А., Кулин, М. *Электрорезистивная тензометрия механическо-напряжённых состояний в тройниках больших размеров и внутри гидравлически надутые.*

Представлены первичные данные и результаты лабораторного испытания, в условиях электрорезистивной тензометрии в режиме внутреннего гидравлического герметизации двух промышленных тройников больших размеров. К конечной стадии экспериментов данные тройники надувались до разрыва.

Ключевые слова: тензометрия, напряжённое состояние, надувание, тройник, эксперимент, разрыв.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.349.5

Пыркэлэбеску, И. Д., Нистор, И. *О химико-минералогическом составе твёрдой среды структуры Митрофань*

Использованы рёнтгеноструктурные анализы метод дифракции X-излучений через кристаллы —, которые выявляют присутствие многих кристаллических урановосных и ториносных сетей, рядом с кварцом, зеолитом, кальцитом и глинами. Используя закономерности радиохимии, выдан гипотез присутствия естественного ядерного реактора.

Ключевые слова: состав, твёрдая среда, Митрофань, метод диффракции, радиохимия, ядерный реактор.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.323(09)

Мойсин, А. *Начало нефтедобывающей промышленности на Бэйкой, Цинтя, Лилиешть — Дымбу*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr, 1, 1989

---

## INHALT

C.Z. 531.78 :622.625.5.06

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *Kraftmessungseinrichtung für bergbauliche Zugketten (DMFL)*

Vorgestellt wird eine einfache, tragbare, energetisch selbstständige Einrichtung, mit Hilfe welcher die Werte der statischen Spannungen in den Trümmen der bergbaulichen Zugketten. Sie wurde für drei Kettentype in der Mikroproduktionswerkstatt des Bergbauinstitutes Petroşani entwickelt und versucht.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.251.6 :622.67 :622.4

Pascu, D., Makkai, I. *Über die Verbesserung der Einrichtungs- und Ausstattungssysteme der Schachtanlagen*

Die Verfasser überprüfen die letzten Ergebnisse der Welttechnik in dem Bereich der Einrichtung der Tiefschachtanlagen grosser Kapazität, welche zur Minderung des Metallverbrauches im Bergbau, zur Erhöhung der technischen und Funktionsparameter der Fördermaschinen, zur Senkung des Energieverbrauches für Bewetterung durch die Verbesserung der Bewetterungseigenschaften des Schachtquerschnittes führen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 22.232.75

Minarj, V., Godek, G., Şmerda, F. *Eine neue Konstruktionslösung für die Hauptbaugruppen der Hobelanlage PL-81*

Folge der Zusammenarbeit der Bergleute von der Grube Starzich, des Werkes Ostroj-Opava und des Institutes für Bergbau und Metallurgie Ostrava (S. R. Tsch.) sowie auf Grundlage der Untersuchung der Betriebsverhältnisse der Hobelanlagen PL-81 wurden, aus konstruktivem Sichtpunkt, einige Lösungen für einige Baugruppen dieser Anlagen entwickelt. Die Charakteristiken, Komponenten und Leistungsparameter dieser Baugruppen werden in dem Artikel vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.363.412

Drăgilă Marioara, Dumitrescu, N. *Über das Auftreten des Chlorophans in den Highiş Gebirgen*

Die Mineralisation von Chlorophan in den Highiş Gebirgen, entdeckt und identifiziert unter Mikroskop in 1980, weist ein wissenschaftliches Interesse auf; sie wird weiter durch geologischen Grubenbaue auf Streichrichtung und insbesondere, in der Teufe untersucht werden und wahrscheinlich wirtschaftliches Interesse aufweisen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Cristescu, C. *Prüfungsmethodologie für die Stabilität der teleskopischen hydraulischen Zylinder, mit Hilfe des elektronischen Rechners*

In dem Artikel wird eine Prüfungsmethodologie für die Stabilität der teleskopischen hydraulischen Zylinder vorgeschlagen, wobei die Prüfungsstufen auf einem praktischen

Beispiel dargestellt werden. Schliesslich werden Optimierungsrichtungen für die Auslegung der teleskopischen hydraulischen Zylinder angegeben, wodurch der Beitrag sehr nutzlich in der Projektierungspraxis ist.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.692.4

Pavel, A., Kulin, M. *Elektrowiderständige Tensometrie des mechanischen Spannungszustandes in, unter innerem hydraulischen Druck sich befindenden T-Stücken grosser Dimensionen*

Vorgestellt werden die ersten Angaben und Ergebnisse betreffend die Laborprüfung, unter Bedingungen der elektrowiderständigen Tensometrie von zwei, unter innerem hydraulischen Druck sich befindenden, industriellen T-Stücke grosser Dimensionen. In der Endphase der Versuche wurden die betreffenden T-Stücke unter Druck zerstört.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.349.5

Pârcălăbescu, I. D., Nistor, I. *Über die chemisch-mineralogische Zusammensetzung des festen Mediums der Struktur Mitrofani*

Die röntgenostrukturellen Analysen — die Methode der X-Strahlungskristalldiffraktion — weisen die Gegenwart vieler uran- und thoriumhaltigen Kristallgitter, mit Quartz, Zeolithe, Kalzit und Töne, auf. Unter Anwendung der Gesetzmässigkeit der Radiochemie, sugeriert man die Hypothese der Existenz eines natürlichen Kernreaktors.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.323. (09)

Moisin, A. *Der Anfang der Ölgewinnungsbetrieben Băicoi, Ţintea, Liliești—Dîmbu*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

## SOMMAIRE

C.Z. 531.78:622.625.5.06

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *Dispositif pour le mesurage de la force des brins des chaines d'attelage miniers (DMFL)*

On présente un dispositif simple, portable, autonome de point de vue energétique à l'aide duquel on peut mesurer les valeurs des tensions statiques des brins des chaines d'attelage miniers, réalisé et essayé pour trois types de chaines dans l'atelier de microproduction de l'Institut de Mines Petroşani.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.251.6:622.67:622.4

Pascu, D., Makkai, I. *Sur le perfectionnement des systèmes d'amménagement équipement des puits miniers*

Analysant les derniers achèvements de la technique moderne mondiale dans le domain de l'amménagement des puits à grande profondeur et de grande capacité, les auteurs présentent les principaux résultats dans ce domaine, déstinés à conduire à la réduction de la consommation de métal des constructions miniers, à l'augmentation des paramètres téchniques-fonctionnels des instalations d'extraction, à la réduction de la consommation d'énergie pour l'aérage général par l'amélioration des paramètres d'aérage de la séction du puit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.232.75

Minarj, V., Godek, G., Şmerda, F. *Une nouvelle solution constructive des principaux sous-ensembles de l'installation à rabot PL-81*

A la suite de la collaboration entre les travailleurs de la mine Starzich, l'Entreprise Ostroj-Opava et l'Institut de mines et métallurgie d'Ostrava (R.S.Tch.), en base de l'étude des conditions d'exploitation des installations à rabot, on a résolu, de point de vue constructif, certaines sous-ensembles de l'installation à rabot PL-81, dont les caractéristiques, componentes et performances sont présentées dans l'article.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.363.412

Drăgilă Marioara, Dumitrescu, N. *Sur la présence de la fluorine des Monts Highiş*

La minéralisation de fluorine des Monts de Highiş, observée et identifiée au microscope en 1980, présente un interêt scientifique: examinée de suite par des travaux géologiques miniers en oeuvre de veine et, surtout, en profondeur, présentera probablement aussi un interêt économique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.24.053

Cristescu, C. *Méthodologie de vérification de la stabilité des cylindres hydrauliques téléscopiques par l'utilisation du calculateur electronique*

Dans l'ouvrage on propose une méthodologie de vérification de la stabilité des cylindres hydrauliques téléscopiques, les étapes de celle-ci étant mises en évidence par un exemple pratique. Finalement on indique les directions d'optimisation de la projéction des cylindres hydrauliques téléscopiques, fait qui confère au travail une grande éfficience dans la pratique de projéction.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.692.4

Pavel, A., Kulin, M. *La tensometrie electrorésistive de l'état de tensions mécaniques dans les tés de grandes dimmensions pressurisés hydrauliques à l'intérieur*

On présente les dates et les résultats primaires concernant l'essayage dans les conditions de laboratoire, dans les conditions de la tensométrie électrorésistive en régime de préssurisation hydraulique intérieure, de deux tés industriels de grandes dimmensions. Dans l'étude final des experimentations les tés respectifs se sont préssurisés jusqu'à la destruction.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.349.5

Pârcălăbescu, I. D., Nistor, I. *Sur la composition chimique-minéralogique du milieu solide de la structure Mitrofani*

Les analyses roentgeno-structurales — la méthode de la diffraction des rayons X par les cristaux — mettent en évidence la présence d'un grand nombre de réseaux crystalins uranifères et thorifères, à côté du quartz, zéolites, calcite et argiles. Utilisant les loies de la radio-chimie, on suggère les hypothèses de l'existence d'un réacteur nucléaire naturel.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

C.Z. 622.323(09)

Moisin, A. *Les débuts des exploitations pétrolifères Băicoi Ţintea et Liliești—Dîmbu*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 1, 1989

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare documentară pentru industria minieră, Bucureşti, C lea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea poligr. fică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2677
**Preţul: 13 lei/exemplar**
Grafica: A. Socaciu

# Cuvîntul profesorului universitar dr. ing. Dumitru Săndulescu — rectorul Institutului de Petrol şi Gaze Ploieşti — la Sesiunea de comunicări ştiinţifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a institutului

Cu ocazia deschiderii lucrărilor acestei Sesiuni de comunicări ştiinţifice, organizate cu prilejul împlinirii a 40 de ani de la înfiinţarea Institutului de Petrol şi Gaze din Ploieşti, adresez în numele Senatului institutului un călduros „Bine aţi venit" oaspeţilor noştri, ca şi urări de succes deplin tuturor participanţilor la acest eveniment ştiinţific care constituie, fără îndoială, un binevenit prilej pentru o şi mai bună cunoaştere a eforturilor noastre în domeniul creaţiei tehnico-ştiinţifice.

Înfăptuirile şi preocupările colectivului de cadre didactice, cercetători şi studenţi din institutul nostru jalonează continua dezvoltare şi perfecţionare a învăţămîntului superior de petrol şi gaze, aflat azi în cel de-al 40-lea an de existenţă.

Învăţămîntul românesc de petrol a apărut în străvechea patrie a „aurului negru" — judeţul Prahova. Încă din anul 1889 ia fiinţă, la Cîmpina, prima Şcoală de maiştri sondori, printre primele de acest fel din lume, din nevoia de a crea cadre proprii pentru industria petrolieră în continuă dezvoltare.

Profesorul *L. Mrazec* a fost primul care a arătat necesitatea reorganizării învăţămîntului superior tehnic în vederea pregătirii de specialişti români pentru industria petrolieră. În anul 1903, marele savant *Petru Poni* a inaugurat la Universitatea din Iaşi un „Curs complet de petrol". Puţin mai tîrziu, profesorul *L. Obreja* preda un curs de „Tehnologia petrolului", iar profesorul *Munteanu Murgoci* ţinea la Universitatea din Bucureşti primele prelegeri de „Mineralogie şi petrografie".

Marea cotitură în evoluţia învăţămîntului de petrol o constituie reforma învăţămîntului din anul 1948, cînd ia fiinţă la Bucureşti Institutul de Petrol şi Gaze, unitate de învăţămînt superior cu profil unic în ţară şi printre puţinele în lume, continuare a unei bogate tradiţii acumulate de-a lungul anilor atît în producţie, cît şi în învăţămîntul de specialitate.

În anii de după Congresul al IX-lea al Partidului Comunist Român, datorită clarvăzătoarei concepţii a tovarăşului **Nicolae Ceauşescu**, preşedintele Republicii Socialiste România, privind necesitatea apropierii şi integrării organice a învăţămîntului cu cercetarea şi producţia, condiţie esenţială a unui învăţămînt modern, Ploieştiul, vestită cetăţuie a „aurului negru", devine din anul 1967 centru universitar, ca urmare a transferării treptate a Institutului de Petrol şi Gaze din Bucureşti, încheiată în anul 1974.

Această măsură, pe deplin justificată de exigenţele dezvoltării multilaterale a întregii vieţi economico-sociale a României socialiste, a conferit şcolii superioare de petrol şi gaze o nouă calitate, devenind posibilă crearea de cadre inginereşti cu o înaltă pregătire profesională.

Desigur, începuturile învăţămîntului superior de petrol şi gaze au fost modeste. Cîteva date sînt edificatoare.

Prima promoţie, din anul 1951, număra doar 27 de absolvenţi, în timp ce anul acesta au absolvit institutul un număr de 651 ingineri, din care 25 străini, precum şi 112 subingineri. Răsfoind documentele de arhivă vedem că institutul şi-a început activitatea doar cu 10 cadre didactice, numărul lor fiind astăzi de 30 ori mai mare. Numărul laboratoarelor, de la 6 iniţial, a ajuns astăzi la 100. Dinamica fondului de bibliotecă reflectă şi ea o creştere impresionantă, de la 212 volume în 1948, la peste 350 000 de publicaţii astăzi. Cît priveşte avuţia institutului, o comparaţie este aproape imposibilă, ea cifrîndu-se în prezent la peste 300 milioane lei.

În actuala sa structură Institutul de Petrol şi Gaze cuprinde toate formele de învăţămînt superior din ţara noastră, învăţămînt de ingineri, zi şi seral, învăţămînt pentru subingineri, zi şi seral, diverse forme de învăţămînt postuniversitar, de reciclare şi specializare, doctorat.

Pînă în prezent facultăţile institutului au format peste 9 200 ingineri şi peste 3 000 subingineri; 214 ingineri au obţinut titlul de doctor, iar 148 s-au specializat prin cursuri postuniversitare.

Rezultatele deosebite obţinute la locul de muncă de absolvenţii institutului nostru confirmă prestigiul de care se bucură învăţămîntul românesc de petrol şi gaze, atît în ţară, cît şi peste hotare. O dovadă a acestei preţuiri o constituie şi cei 1113 absolvenţi străini, din 75 ţări de pe toate meridianele globului.

Sub egida UNESCO institutul a organizat în colaborare cu Ministerul Educaţiei şi Învăţămîntului un curs postuniversitar de specializare în domeniul petrochimiei, în cadrul căruia au fost pregătiţi pînă în prezent 180 specialişti şi pentru care primim în continuare cereri de înscriere.

La împlinirea a 40 de ani de existență a institutului aducem un cald omagiu și cele mai sincere felicitări tuturor cadrelor didactice care au contribuit de-a lungul timpului și contribuie în prezent, cu abnegație și devotament, la întemeierea și perfecționarea continuă a învățământului superior românesc de petrol, la progresul științei și tehnicii în acest domeniu.

Pe lîngă activitatea didactică nu trebuie uitată contribuția însemnată a specialiștilor din institutul nostru la dezvoltarea industriei românești de petrol și gaze, concretizată în participarea activă la făurirea tuturor marilor obiective de acest fel din România.

În cei 40 de ani de la înființare, institutul nostru a fost slujit de personalități de seamă care au creat adevărate școli științifice.

Putem evidenția astfel : proiectarea, construcția și exploatarea utilajului petrolier pentru foraj-extracție și pentru industria chimică și petrochimică; rezistența materialelor în medii agresive în condiții de fluaj și la temperaturi scăzute ; cibernetică industrială ; tribologie. În domeniul forajului-extracției: mărirea factorului de recuperare ; interacțiunea din rocile și fluidele de zăcămînt, cercetarea naturii materiilor solide și fluide din zăcămintele de hidrocarburi ; fluidele de circulație din sondele de foraj ; forajul sondelor. În domeniul tehnologiei și chimizării petrolului și gazelor : ingineria chimică, în special ingineria proceselor de separare, ingineria reactoarelor și tehnologia proceselor petrochimice, cataliza industrială ; cinetica chimică a proceselor industriale ; piroliza hidrocarburilor și sinteza unor noi produși petrochimici ; coroziune ; relații între structura și proprietățile fizico-chimice ; termodinamica soluțiilor de neelectroliți.

Dintre personalitățile ilustre care au contribuit la prestigiul învățămîntului românesc de petrol, impunînd în institut un climat de înaltă exigență științifică, trebuie amintiți: profesorul *I. Agârbiceanu*, membru corespondent al Academiei R.S.R., acad. *E. Bădărău*, profesor *M. Bogdan*, acad. *Al. Codarcea*, profesor *Gh. Constantinescu*, profesor *C. Creangă*, conferențiar *V. Dragoș*, profesor *I. Gavăț*, membru corespondent al Academiei R.S.R., profesor *Gr. Ioachim*, membru corespondent al Academiei R.S.R., acad. *Gh. Macovei*, profesor *M. Marinescu*, membru corespondent al Academiei R.S.R., acad. *Gh. Murgeanu*, profesor *H. Panu*, membru corespondent al Academiei R.S.R., acad. profesor *N. Petrulian*, profesor *N. Racliș*, profesor *V. Robu*, profesor *Al. Stoenescu*, acad. prof. *Șt. Vencov*, profesor *E. Woinaroschi*, profesor *M. Zapan*, profesor *Gh. Bănățeanu*, profesor *V. Vîntu*, profesor *I. Vlădescu* și mulți alții.

O contribuție însemnată la dezvoltarea învățămîntului, științei și tehnicii o constituie și publicarea de către cadrele didactice a unor lucrări și tratate de specialitate în revistele științifice din țară și străinătate și edituri de prestigiu, unele distinse cu importante premii, fiind traduse și peste hotare.

La acestea se adaugă cele peste 500 de cursuri, culegeri de probleme și lucrări de laborator editate în cadrul institutului, ca și cele peste 450 de articole apărute în publicația noastră științifică, Buletinul Institutului de Petrol și Gaze.

În concordanță cu dezvoltarea economico-socială a României socialiste, la Congresul al IX-lea al P.C.R., moment hotărîtor în prefigurarea destinului luminos al patriei noastre socialiste, au fost stabilite, din inițiativa secretarului general al partidului, tovarășul **Nicolae Ceaușescu**, și liniile directoare ale unui sistem modern de învățămînt mobil, revoluționar, inovator, cu o ridicată eficiență.

Concepția profund științifică a secretarului general al partidului asupra exigențelor dezvoltării învățămîntului românesc și transformării sale revoluționare, s-a concretizat în principiul fundamental al integrării învățămîntului cu cercetarea și producția, idee-forță care a echivalat cu o veritabilă cotitură în conținutul învățămîntului.

Totodată, beneficiind de îndrumarea și sprijinul nemijlocit de înaltă competență al tovarășei academician doctor inginer **Elena Ceaușescu**, președintele Consiliului Național pentru Știință și Învățămînt, eminent om politic și savant de largă recunoaștere internațională, învățămîntul românesc și cercetarea științifică au înregistrat o intensă dezvoltare, reflectînd spiritul dinamic și cutezător al acestor ani.

La activitatea de integrare desfășurată în Institutul de Petrol și Gaze, participă în diferite forme, întregul colectiv de cadre didactice, cercetători, Centrul de calcul al institutului, atelierele de autodotare și microproducție, muncitorii, tehnicienii, toți studenții de la cursurile de zi și numeroși studenți de la cursurile serale.

Întreaga tematică a cercetării și proiectării în Institutul de Petrol și Gaze, însumînd 120 de obiective, ce vizează creșterea productivității muncii, reducerea consumurilor de materiale și energie electrică, reducerea importului, creșterea exportului și îmbunătățirea calității, este orientată spre teme majore, ceea ce permite o strînsă colaborare cu toate unitățile de profil din județul Prahova, ca și cu numeroase alte unități din țară.

De remarcat că toate lucrările realizate în cadrul procesului de integrare au fost apreciate de beneficiari cu calificativele „F. bine" și „Excepțional", fiind aplicate în practică cu

efecte tehnice și economice deosebite, ceea ce confirmă, o dată mai mult, inestimabila valoare a principiului integrării.

Alături de cadrele didactice, studenții participă la proiectarea unor părți componente ale unor mari obiective industriale și la rezolvarea unor probleme de cercetare științifică de specialitate. De asemenea, majoritatea studenților își finalizează activitatea de cercetare-proiectare în proiectele de diplomă.

Pe lîngă activitatea de cercetare-proiectare pe bază de contract, la care participă un număr însemnat de studenți, în cadrul catedrelor funcționează peste 30 de cercuri științifice studențești în care activează anual circa 700 de studenți.

Valoarea cercetării științifice și pregătirii studenților este confirmată și de numeroasele premii obținute de studenții institutului nostru la sesiuni științifice interne și internaționale, ca și de cele 70 de premii și mențiuni obținute în ultimul timp în cadrul concursurilor profesionale pe discipline.

Consfătuirile care au loc anual sau bianual cu specialiști din producție, proiectare și cercetare, sub conducerea Comitetului județean de partid, asigură o fixare a domeniilor de lucru, o rezolvare mai eficientă și la timp a problemelor ridicate de industrie, dar în același timp și o colaborare mai profundă a factorilor interesați.

Colectivele catedrelor institutului desfășoară o bogată activitate de cercetare concretizată în 100—120 de teme importante, prevăzute în planul unor institute departamentale sau cerute direct de către unitățile productive.

O contribuție importantă în procesul de integrare este adusă de Centrul de calcul al institutului, bineînțeles nu numai prin valoarea contractelor la care este titular și a celor la care este colaborator, ci și prin pregătirea studenților.

Atelierul institutului, de practică mecanică, realizează o producție importantă și unică în țară de opritori de flăcări și supape de respirație pentru rezervoarele atmosferice cu capac fix, concepute și proiectate de către cadre didactice din institut, urmînd ca în acest an să treacă la fabricarea în serie a filtrelor metalice elicoidale.

Considerăm că numai prin examinarea simplei enumerări a cercetărilor și realizărilor din cadrul procesului de integrare se poate ajunge la concluzia că Institutul de Petrol și Gaze din Ploiești reprezintă o „școală în acțiune", în sensul larg al acestui concept, școală în continuă modernizare și adaptare atît etapelor actuale, cît și de perspectivă, în dezvoltarea patriei noastre.

Omul își lasă amprenta asupra locului și timpului, iar în perioada pe care o trăim una dintre cele mai mari cuceriri constă în afirmarea și consacrarea științei și culturii ca vectori primordiali ai procesului revoluționar, socialist. Citez cîteva cuvinte ale secretarului general al P.C.R. tovarășul **Nicolae Ceaușescu**, pe care le consider esențiale în activitatea noastră:

„Să dezvoltăm puternic spiritul revoluționar în muncă, în gîndire, în toate domeniile, să acționăm cu hotărîre împotriva a tot ce este vechi și perimat, a ceea ce nu mai corespunde actualei etape și să promovăm cu îndrăzneală noul, ceea ce se afirmă ca o necesitate a dezvoltării, atît în ce privește forțele de producție, cît și în știință, în învățămînt, în cultură, în întreaga dezvoltare economico-socială".

Urmare a grijii statornice, acordate de partidul și statul nostru, de tovarășul secretar general **Nicolae Ceaușescu** personal, pentru crearea unor condiții tot mai bune de muncă și viață, pentru pregătirea și formarea tinerei generații, institutul nostru dispune azi de o puternică bază materială, cuprinzînd un complex de clădiri cu o suprafață totală de 63 000 m$^2$, laboratoare și ateliere dotate cu aparatură, cu utilaje de înaltă tehnicitate, o bază experimentală de foraj, un centru de calcul propriu, o bibliotecă de mare valoare tehnico-științifică. Sectorul socialist al institutului deține 7 cămine studențești cu o capacitate totală de 2 500 de locuri, cantină, baze sportive, cabinete medicale. Pentru petrecerea cît mai plăcută a timpului liber și valorificarea aptitudinilor artistice ale studenților a fost inaugurată de curînd Casa de cultură a studenților.

Încheiez această succintă prezentare a preocupărilor și realizărilor Institutului de Petrol și Gaze din Ploiești prin a aduce cele mai sincere mulțumiri și felicitări tuturor celor care au contribuit la înfăptuirea lor, atît corpului profesoral, cît și întregului personal tehnic-ajutător și administrativ, sprijin important al muncii noastre de zi cu zi.

Sîntem ferm hotărîți să acționăm, și în continuare, cu elan și dăruire revoluționară, pentru a răspunde prompt și eficient exigențelor și comandamentelor pe care le implică dinamismul neîntrerupt al societății noastre socialiste, pentru a înfăptui în mod exemplar obiectivele și sarcinile trasate de partid, de secretarul său general, tovarășul **Nicolae Ceaușescu**, căruia îi aducem și cu acest prilej un fierbinte omagiu pentru tot ce a făcut și face în vederea continuei dezvoltări și perfecționări a învățămîntului românesc.

# Dispozitiv pentru măsurarea forței din ramurile lanțurilor de tractare miniere (DMFL)

Dr. ing. **V. Zamfir**,
dr. ing. **N. Iliaș**,
ing. **I. Andraș**
Institutul de Mine Petroșani

## I. Introducere

Așa cum a fost arătat [1], indiferent de unghiul $\alpha$ de înclinare a fronturilor de abataj, se impune controlarea permanentă sau cel puțin periodică a tensiunii din ramura inactivă a lanțului de tractare a combinelor miniere, pentru a preveni din timp consecințele nedorite ce pot surveni în urma ruperii lanțului și pierderii controlului asupra combinei pe linia frontului de abataj.

În cele ce urmează se prezintă un dispozitiv simplu pentru controlul forței statice de întindere din lanțurile de tractare miniere, realizat și încercat pentru trei tipuri de lanț minier, la atelierul de microproducție al Institutului de Mine din Petroșani, cu următoarele caracteristici tehnice :

- tipul de lanț controlat, Ø 18×64 mm; Ø 22×86 mm; Ø 26×92 mm;
- cursa pistonului, 50 mm;
- presiunea maximă a agentului hidraulic în cilindrul de lucru, 200 bar;
- forța maximă controlată în lanț, 100 kN;
- dimensiuni de gabarit, 140×400×500 mm;
- masa netă, 34 kg.

## II. Descrierea dispozitivului

În principiu, dispozitivul de control al tensiunii statice în lanțurile calibrate miniere are următoarele părți componente principale (fig. 1) : un cilindru hidraulic *1* cu simplu efect, în care glisează un piston cu tijă *2*; brațele *3* de întindere a lanțului *5*; pîrghia distanțieră pentru brațe *4*; pompa hidraulică manuală *6* fixată pe cilindrul *1* și manometrul *7* de control al presiunii agentului hidraulic.

Brațele *3* pentru întinderea lanțului au o formă adecvată cuplării la cît mai multe tipuri de lanț și la cilindrul hidraulic și tija pistonului lui. Ele se fixează cu un capăt de urechea cilindrului *1* și de capătul tijei pistonului *3*, iar cu celălalt capăt se cuprind trei zale de lanț. Brațele sînt distanțate între ele prin piesa distanțieră *4* care asigură, totodată, formarea unui sistem de pîrghii prin care se poate transmite și eventual amplifica forța din tija *3* la capătul brațelor pentru a prelua forța de întindere din lanțul calibrat *5*.

Brațele *3* și piesa distanțieră *4* se execută din oțel laminat de înaltă rezistență prin forjare, urmată de prelucrare mecanică prin așchiere.

Manometrul de control al presiunii agentului hidraulic din cilindrul *1* are cadranul gradat fie direct în unități de forță, permițînd citirea directă a tensiunii din lanț, fie în unități de presiune, caz în care este necesară o diagramă de convertire în unități de forță.

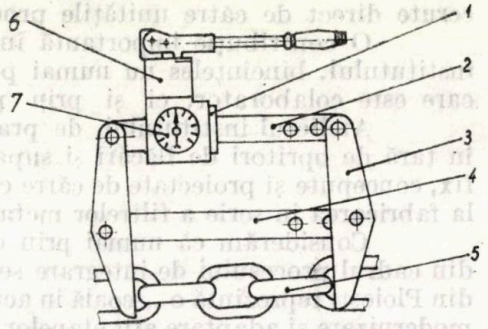



Fig. 1. Vedere generală a dispozitivului.

În figura 2, în care este arătată o secțiune longitudinală prin ansamblul pompă-cilindru-tijă, sînt evidențiate elementele componente ale dispozitivului.

Corpul cilindrului *1*, străpuns numai la un capăt, se execută monobloc prin preforjare, urmată de prelucrări mecanice prin așchiere care asigură realizarea urechii de prindere la brațe și a suprafeței plane de așezare a corpului pompei manuale ce se solidarizează cu cilindru, prin șuruburi de fixare.

Ansamblul piston-tijă *2* este format din blocul-piston montat pe capătul tijei *3* printr-un ajustaj cu strîngere mică. Blocul pistonului are o suprafață de așezare în cilindrul *1* formată dintr-un inel de bronz *4* fixat pe piston prin strîngere mare.

Etanșarea între blocul-piston *2* și alezajul cilindrului *1* este asigurată printr-un element de etanșare tip manșetă *5* asigurată axial pe blocul-piston *2* prin piesa *6* și inelul elastic *7*. Inelul de siguranță *7* din capătul tijei asigură, contra desfacerii, ansamblul piston-tijă.

Tija pistonului *3*, la capătul liber din exterior, are două suprafețe plane paralele longitudinale pentru a putea fi asamblată cu brațele *3* (fig. 1) de întindere a lanțului, prin cele trei

găuri distanțate între ele, corespunzător cu pașii de lanț de 64, 84 și 92 mm.

Revenirea pistonului se realizează printr-un arc elicoidal de compresiune *8*. Închiderea capătului cilindrului se realizează prin capacul *9*, fixat de cilindru prin filet. Capacul *9* este astfel

În figura 3 este arătată o vedere frontală a dispozitivului în care se vede, în afara elementelor menționate mai sus, un buton *24* prin care se dirijează uleiul între rezervorul pompei și cilindrul *1* de lucru al dispozitivului cu două poziții.

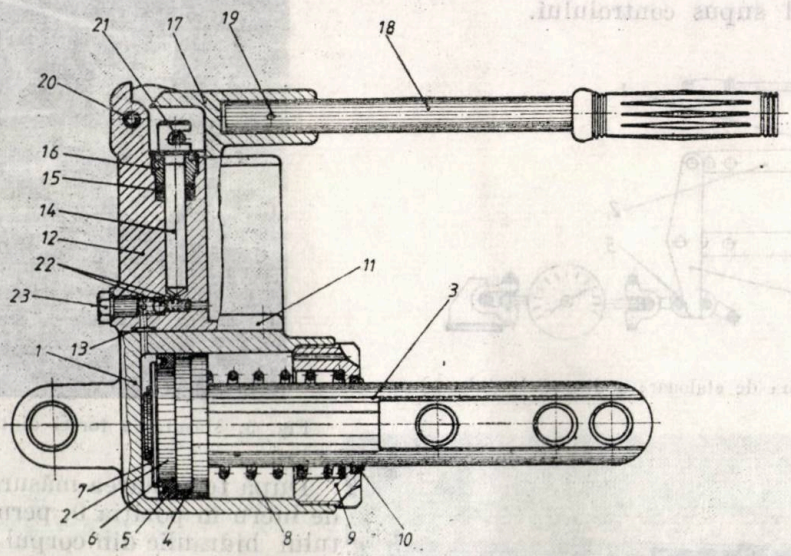



Fig. 2. Secțiune longitudinală prin dispozitiv.

conceput, încît să asigure cuprinderea arcului elicoidal de revenire, în poziție total închisă, permițînd așezarea pistonului pe fața frontală a capacului *9* la cursa maximă.

Ghidarea tijei *2* prin capacul *9* se realizează printr-un inel de ghidare *10*, montat într-un canal special în capac.

Pompa manuală este de construcție originală, avînd o formă specială impusă de condiții de gabarit și funcționale. Ansamblul pompei manuale este așezat pe suprafața plană a cilindrului și fixat de acesta cu șuruburile *11*.

Etanșarea dintre corpul pompei *12* și corpul cilindrului *1* se realizează printr-un inel O din cauciuc sau perbunan *13*.

În corpul pompei este executat alezajul pistonului *14* și al garniturilor de etanșare corespunzătoare *15*, strînse prin piesa *16*. Pistonul *14* este acționat prin ansamblul unei pîrghii formate din mînerul *17* și tija *18*, asamblate printr-un ajustaj cilindric și asigurate contra desfacerii prin știftul *19*; ansamblul pîrghiei *17—18* este articulat de corpul pompei *12* prin bolțul *20* și asigură o deplasare axială a pistonului, fără solicitări excentrice prin bolțul *21*. Lichidul necesar de lucru se asigură dintr-un rezervor prevăzut în corpul pompei, a cărui capacitate trebuie să fie mai mare decît volumul necesar mișcării pistonului, în cilindrul *1*, la cursa maximă. Trecerea uleiului din rezervorul pompei în cilindrul *1* este controlată de două supape cu bile și arc *22*, amorsate printr-un șurub *23* plasat la baza corpului pompei.

Prin comutarea butonului pe poziția 0, așa cum este și figurat, rezervorul pompei comunică direct cu interiorul cilindrului *1*, pompa fiind

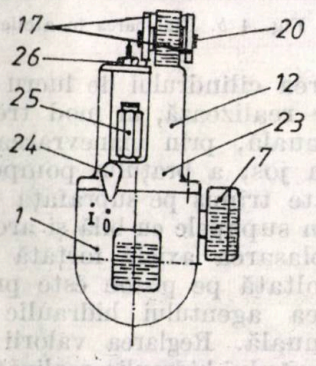



Fig. 3. Vedere frontală a dispozitivului.

în așa-zisul regim de scurtcircuit. Cînd butonul *24* este pe poziția I, pompa se află în „regim de lucru". Legătura între rezervor și cilindrul *1* se realizează pe traiectul supapelor cu bilă și arc *22*.

De asemenea, în figura 3 se vede corpul supapei de siguranță *25*, capacul de umplere a rezervorului pompei, cu răsuflătoarea *26* și manometrul *7*, pentru măsurarea presiunii uleiului din cilindru.

În figura 4 este dată schema de etalonare a dispozitivului, cu ajutorul unui dinamometru de precizie.

## III. Principiul de funcționare a dispozitivului

Din descrierea prezentată mai sus este ușor de dedus că funcționarea dispozitivului se bazează pe principiul pîrghiilor.

Forța din cilindrul hidraulic *1* este amplificată sau nu și transmisă prin brațele dispozitivului la lanțul supus controlului.

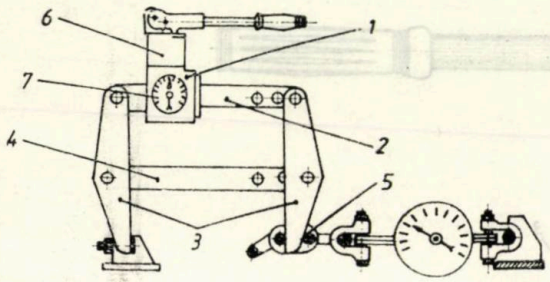



Fig. 4 *a*. Schema de etalonare a dispozitivului.

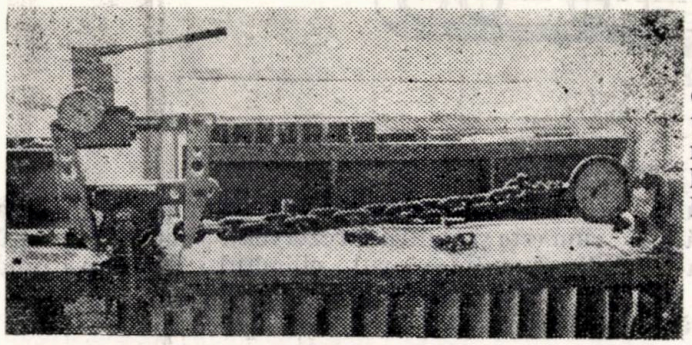


Fig. 4 *b*. Etalonarea în atelier.

Alimentarea cilindrului de lucru cu agent hidraulic se realizează, în mod treptat, de la pompa manuală, prin manevrarea oscilatorie în sus și în jos, a brațului pompei. Agentul hidraulic este trimis pe suprafața plină a pistonului, prin supapele cu bilă și arc *22*, determinînd deplasarea axială forțată a acestuia. Forța dezvoltată pe piston este proporțională cu presiunea agentului hidraulic creată cu pompa manuală. Reglarea valorii maxime a presiunii agentului hidraulic, realizată cu pompa manuală, se face cu ajutorul supapei de siguranță cu bilă și arc elicoidal reglabil *25*.

## IV. Modul de lucru

Dispozitivul în stare de repaos și pe timpul transportului are butonul de lucru *24* pe poziția 0 și răsuflătoarea *26* închisă. În felul acesta, agentul hidraulic se află în rezervorul pompei manuale, iar pistonul de lucru al dispozitivului, prin arcul de revenire, se află la capătul închis al cilindrului.

Pentru lucru, dispozitivul se așază cu capetele brațelor pe lanțul de controlat, astfel încît să fie cuprinse trei zale. Se mută butonul de lucru pe poziția de lucru I, se deschide răsuflătoarea *26* și se acționează brațul pompei manuale pînă cînd cele trei zale cuprinse între brațe sînt complet detensionate (devin libere), moment în care se citește indicația manometrului.

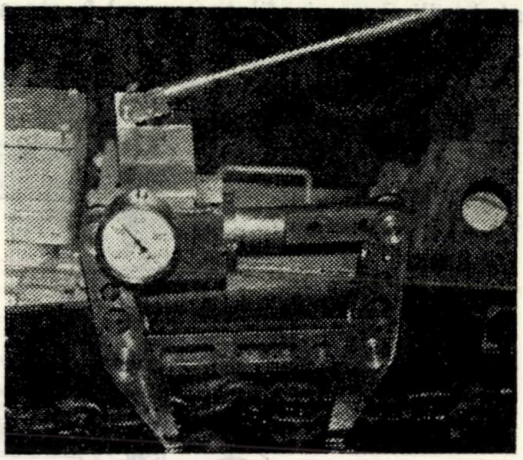


Fig. 5. Măsurarea forței dintr-un lanț de transportor.

După terminarea măsurării se rotește butonul de lucru în poziția 0, permițînd revenirea agentului hidraulic din corpul cilindrului de lucru în rezervorul pompei manuale sub acțiunea arcului de revenire a pistonului. După ce agentul hidraulic a revenit în rezervorul pompei, se închide răsuflătoarea.

## Concluzii

În practica minieră sînt numeroase ocaziile în care cunoașterea tensiunilor din ramurile lanțurilor de tractare ar fi de un real folos în conducerea procesului tehnologic.

În consecință considerăm ca deosebit de utilă dotarea sectoarelor întreprinderilor miniere care folosesc lanțuri cu zale ovale în diferite scopuri să posede un asemenea aparat cu ajutorul căruia se pot evalua ușor, cu precizie bună, valorile statice ale forțelor din ramurile de lanț, valori ce pot constitui repere informative în desfășurarea în continuare a procesului tehnologic în care sînt implicate și lanțurile.

Dispozitivul prezentat este simplu, portabil și autonom energetic, putînd fi aplicat la mai multe tipuri de lanț.

Dispozitivul DMFL se poate procura prin comenzi ferme adresate către atelierul de microproducție al Institutului de Mine din Petroșani.

### Bibliografie

[1] Iliaș, N. ș.a. *Calculul de verificare a lanțurilor pentru combine de abataj la solicitarea de impact în condiții speciale*. Revista Mine, Petrol și Gaze, nr. 3, 1983.

# Despre perfecționarea sistemelor de amenajare-echipare a puțurilor de mină

Ing. **D. Paseu**
I.P.E.G. Maramureș,
ing. **I. Makkai**
I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca

## Generalități

Creșterea adîncimii de exploatare a zăcămintelor, cît și capacitățile crescînde ale minelor noi, ca urmare a creșterii gradului de concentrare a producției și a generalizării unor metode de exploatare de mare productivitate, impun realizarea unor puțuri de extracție și acces echipate și amenajate deosebit față de cele construite, în mod curent, pînă în prezent.

Avînd în vedere gradul înalt de mecanizare în abataj și în lucrările miniere de înaintare, este necesar ca prin aceste puțuri să se introducă utilaje cu gabarite mari și, în același timp, sporirea capacității vaselor de extracție reclamă creșterea diametrului puțurilor.

Deschiderea mai mare a profilului, o dată cu creșterea sarcinilor și a vitezelor de extracție, necesită creșterea rigidității elementelor de compartimentare-ghidare, respectiv un consum suplimentar de metal pentru executarea lucrărilor de amenajare.

Analizînd ultimele realizări ale tehnicii mondiale în domeniul amenajării puțurilor adînci și de mare capacitate, rezultă posibilități reale de reducere a consumului de metal la profilele de amenajare uzuale și posibilități de realizare a unor noi sisteme de amenajare, raționale și de mare tehnicitate, pentru puțurile adînci și cu capacități de extracție superioare față de cele asigurate de profilele tipizate.

În articol prezentăm principalele realizări din acest domeniu pentru a determina direcțiile și măsurile concrete în direcția raționalizării și modernizării sistemelor de amenajare-echipare a puțurilor de mină.

## Perfecționări ale sistemelor de amenajare a puțurilor

### *Amplasarea rațională a ghidajelor*

Poziția și numărul elementelor de compartimentare a unui cadru de amenajare în puț depind de numărul vaselor de transport și poziția în care sînt plasate căile lor de ghidare.

Cea mai frecventă răspîndire o au ghidajele laterale, pe fețele opuse ale vasului de transport (fig. 1 *a*). Acest sistem este foarte vechi, existînd o experiență de utilizare îndelungată, fapt care-i conferă siguranță în exploatare [3], avînd și o construcție simplă și comodă în cazul lucrului concomitent la mai multe orizonturi [2; 3; 5].

În ultimul timp se folosește din ce în ce mai mult ghidarea laterală pe o singură față (fig. 1 *b*). Extinderea acestui mod de ghidare este limitată însă la puțurile auxiliare cu colivii, deoarece forțele $F_1$ și $F_2$, care iau naș-

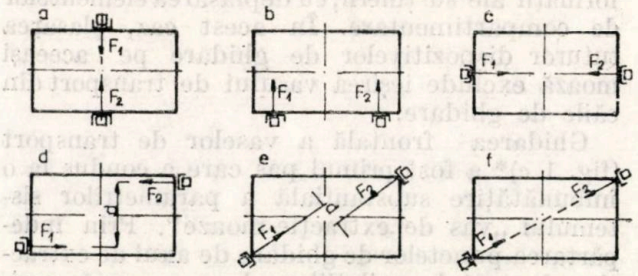



Fig. 1

tere în timpul deplasării, la viteze și înclinări mari produc o uzură foarte rapidă și puternică atît a ghidajelor, cît și a dispozitivelor de ghidare, iar construcția glisierelor este foarte complicată. Deși se face presupunerea că, la o centrare corectă a vasului de transport și la plasarea centrului de greutate pe axa de extracție, șocurile transmise asupra ghidajelor pot fi identice atît la ghidarea pe ambele laturi, cît și la ghidarea pe o latură [5], practic acest lucru este imposibil. Așa cum se vede din figura

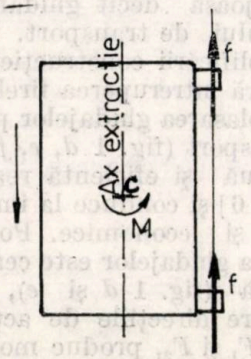



Fig. 2

2, forțele de frecare vor produce întotdeauna momente în raport cu centrul de greutate. Ele au mărime variabilă în timpul deplasării vasului de extracție, fiind mai mari la accelerare și

retardare. Pe de altă parte, poziția centrului de greutate a vasului de transport nu este întotdeauna aceeași, depinzînd de mărimea încărcăturii și poziția ei. O compensare parțială a acestor deficiențe s-ar putea realiza prin deplasarea axei de extracție față de axa centrului de greutate a vasului de transport, spre latura de ghidare.

Un alt dezavantaj al acestui sistem de ghidare constă în faptul că paracăzătorii sînt greu de realizat, producînd — în caz de funcționare — forțe de smulgere din ghidaj. Dezavantajul însă este eliminat în cazul folosirii extracției cu sistem multicablu. Acest sistem este indicat în situația în care puțul prezintă puternice deformații ale susținerii, cu deplasarea elementelor de compartimentare. În acest caz, plasarea tuturor dispozitivelor de ghidare pe aceeași moază exclude ieșirea vasului de transport din căile de ghidare.

Ghidarea frontală a vaselor de transport (fig. 1 *c*)* a fost primul pas care a condus la o îmbunătățire substanțială a parametrilor sistemului „vas de extracție-moaze". Prin îndepărtarea punctelor de ghidare de axul de extracție, domeniul oscilațiilor de rezonanță periculoase se împinge spre viteze mult mai mari, superioare celor folosite în exploatare [3]. Totodată, șocurile transmise lateral ghidajelor sînt mult mai mici, deoarece deplasarea permisă a colțurilor vaselor de transport se reduce numai la jocul admis între glisiere și ghidaj. Un alt avantaj al acestui sistem de ghidare constă în faptul că exclude posibilitatea căderii accidentale în puț a încărcăturii din colivie, în timpul transportului.

Dezavantajul acestui sistem de ghidare constă în faptul că se complică construcția ferestrelor la nivelul rampelor. În schimb, soluția realizării ghidajelor de siguranță în rampe pe cele patru colțuri ale vasului de transport este mai avantajoasă decît ghidarea laterală la mijlocul vasului de transport.

Ideea simplificării construcției de amenajare a puțului, fără întreruperea firelor de ghidare, a condus la plasarea ghidajelor pe colțurile vaselor de transport (fig. 1 *d*, *e*, *f*). Aceasta este cea mai nouă și eficientă realizare în acest domeniu [3 ; 6] și conduce la importante avantaje tehnice și economice. Poziția cea mai avantajoasă a ghidajelor este cea din figura 1*f*, celelalte două (fig. 1 *d* și *e*), datorită distanței $D$ între direcțiile de acționare a celor două forțe $F_1$ și $F_2$, produc momente nedorite care uzează suplimentar căile de ghidare și glisierele, respectiv reclamă utilizarea ghidajelor tip șină cu profil deschis pentru a împiedica ieșirea coliviei din ghidaje.

* În toate aceste scheme de plasare a ghidajelor, figurarea sistemului de ghidare este simbolică, neavînd alt scop decît lămurirea teoretică a problemei.

Un avantaj deosebit al acestui sistem de ghidare constă în reducerea substanțială a consumului de metal pentru moaze în comparație cu ghidarea laterală, deoarece ghidajele se pot plasa mult mai aproape de pereții puțului [1 ; 2 ; 3 ; 5 ; 7 ; 10]. În acest caz moazele au lungimi mai reduse și profile mai suple. Așa cum rezultă și din figura 3, la aceleași vase de transport lungimea elementelor de compartimentare este net în favoarea ghidării pe colțuri.

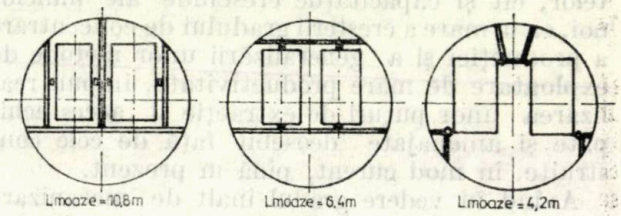



Fig. 3

În cazul folosirii instalațiilor de extracție monocablu, spațiul cerut de dimensiunile paracăzătorilor conduce la distanțe mari între vasele de transport. Acest dezavantaj dispare în cazul folosirii instalațiilor multicablu.

Plasarea ghidajelor în colțurile vaselor de transport complică construcția acestora, dezavantaj însă care este compensat, din plin, de obținerea unor înalți parametri de siguranță și fiabilitate în funcționarea sistemului.

Analiza comparativă a diferitelor moduri de amplasare a ghidajelor conduce la concluzia că este necesar să se renunțe la ghidarea laterală pe ambele laturi ale vasului de transport. Se poate trece imediat la ghidarea frontală, fără nici un fel de probleme, deoarece există experiență suficientă pentru acest tip de ghidare. Pe de altă parte, se impune studierea posibilităților de trecere la ghidarea pe colțurile vaselor de transport, fiind foarte avantajoasă din toate punctele de vedere.

*Amplasarea rațională a elementelor de compartimentare*

În funcție de modul de amplasare a căilor de ghidare se alege și poziția elementelor care le susțin.

Sistemele clasice prevăd moaze încastrate la ambele capete în pereții puțului și moaze cu un cap încastrat în perete și unul sprijinit pe o altă moază transversală, în cazul ghidării laterale, și cu moaze încastrate la ambele capete, în cazul ghidării frontale.

Cerințele principale care au apărut o dată cu sporirea producției de substanțe minerale utile, corelată cu creșterea adîncimii de exploatare, au fost : creșterea capacității și vitezei de extracție ; posibilitatea coborîrii pe puț a unor

utilaje cu dimensiuni mari; introducerea unor debite de aer proaspăt mult sporite.

Creșterea vitezelor de extracție implică realizarea unei rigidități ridicate a căilor de ghidare a vaselor de transport. Sistemele clasice de ghidare reclamă un număr foarte mare de moaze, care ocupă o importantă suprafață din secțiunea puțului și care poate fi în mod curent pînă la 15% din aceasta, ajungînd uneori chiar la 23,5% [2].

Construcția cadrului de amenajare determină rigiditatea transversală, influențînd esențial capacitatea de lucru a sistemului vas de transport-compartimentare și contribuind la limitarea sarcinii portante a acestuia. Construcția cadrului determină, în mare măsură, investițiile inițiale pentru realizarea amenajării, costurile de exploatare, întreținere și reparații, precum și cheltuielile legate de aerajul minei. Influența deosebită a construcției amenajării asupra indicatorilor săi tehnico-economici apare mai pregnantă o dată cu creșterea adîncimii de extracție [6; 8].

În situația în care într-un puț de 1 000 m adîncime se introduc 1 200—1 500 t metal, eforturile făcute pentru reducerea consumului devin imperios necesare [6].

Noile tipuri de moaze care se folosesc corespund din plin acestor cerințe; ele reduc consumul de metal și măresc rigiditatea construcției. În funcție de tipul construcției și ordinea cronologică în care au apărut, acestea sînt:

— moaze-consolă;

— moaze-consolă dublă sau consolă distanțier;

— moaze-bloc de console.

M o a z e l e - c o n s o l ă au adus o economie deosebită de metal, însă posibilitățile lor de utilizare s-au dovedit limitate. După cum se vede, consolele trebuie să fie foarte scurte, de maximum 50 cm, încastrarea în beton fiind de 35—40 cm. În figura 4 este reprezentată

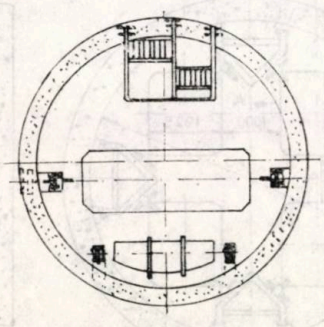


Fig. 4

secțiunea unui puț, care s-a exploatat timp de 13 ani fără probleme [13].

Experiența acumulată arată că la lungimi mai mari ale consolelor, datorită sarcinilor dinamice care apar la deplasarea vasului de transport, betonul în zonele de încastrare se fixează și se distruge, fiind necesară reducerea substanțială a vitezei de extracție [2].

Moazele-consolă au o extindere limitată, deoarece sînt rare cazurile în care se pot realiza construcții la care distanța dintre pereții puțului și calea de ghidare să fie mică. Se folosesc în special pentru susținerea ghidajelor contragreutăților, deoarece— prin dimensiunile lor — acestea pot fi plasate foarte aproape de pereții puțului [14].

M o a z e l e - c o n s o l ă d u b l ă sau c o n s o l ă - d i s t a n ț i e r (fig. 5) reprezintă pasul care a condus la perfecționarea și îmbunătățirea calitativă în privința capacității portante a moazelor-consolă.

O consolă dublă, cu distanțier, prezintă o rigiditate în planul orizontal de 5—10 ori mai mare decît o moază-consolă simplă sau moazele clasice.

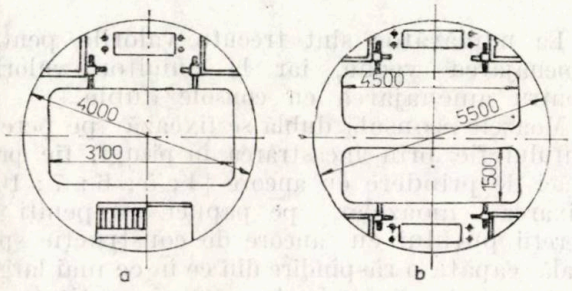



Fig. 5

În figura 6 se observă modul cum acționează forțele dezvoltate de vasul de transport în mișcare asupra moazelor-consolă *a* și moazelor-consolă dublă *b*.

Noua formă de moază, datorită calităților pe care le are, a căpătat o răspîndire rapidă. Se

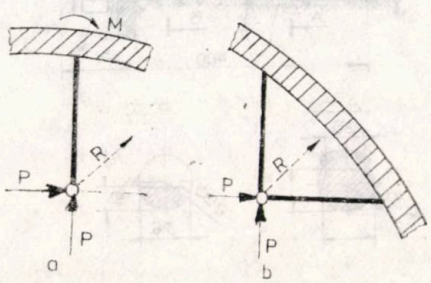



Fig. 6

folosește în special la puțurile de diametru mic sau mediu (4—5,5 m) care, în general, sînt echipate cu colivii, folosindu-se una sau două mașini de extracție, ghidarea făcîndu-se mai ales pe o singură latură a vaselor de transport [2]. Acest tip de amenajare este foarte avantajos pentru .puțurile de aeraj, deoarece reduce mult coeficientul de rezistență aero-

dinamică și deci cheltuielile de aeraj. Rezultatele obținute la reamenajarea a patru puțuri și care sînt prezentate în tabelul 1 sînt elocvente în acest sens.

*Tabelul 1*

| Specificație | Denumirea puțului | | | |
|---|---|---|---|---|
| | orb nr. 8 | aeraj nr. 3 | auxiliar nr. 1 | aeraj nr. 1 |
| Adîncimea puțului, m | 330 | 740 | 1 000 | 1 000 |
| Coeficientul de rezistență aerodinamică | 42,9 / 12,2 | 23,2 / 6,2 | 28 / 8 | 23,2 / 6,2 |
| Consumul de metal, t | 146,5 / 108,2 | 764,4 / 270,2 | 608,5 / 344,6 | 1 033 / 365,1 |
| Consumul de energie electrică pentru aeraj, mil. kWh | 1,73 / 0,49 | 3,96 / 1,03 | 3,83 / 1,15 | 3,65 / 0,98 |

La numărător sînt trecute valorile pentru amenajarea veche, iar la numitor valorile pentru amenajarea cu console duble.

Moażele -consolă dublă se fixează pe pereții puțului fie prin încastrarea în pilugi, fie prin plăci de prindere cu ancore [4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 10]. Fixarea moazelor pe papuci înțepeniți în pereții puțului cu ancore de construcție specială capătă o răspîndire din ce în ce mai largă, deoarece se economisește o mare cantitate de beton (pentru umplerea pilugilor) și se realizează creșterea substanțială a productivității muncii la lucrările de amenajare. Sistemul prezintă o siguranță în exploatare mai mare decît

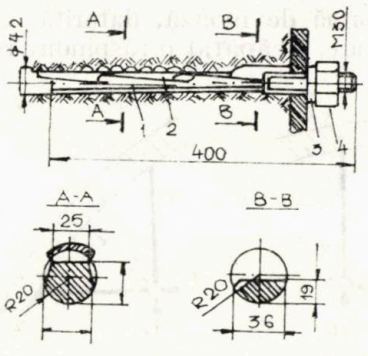



Fig. 7

încastrarea clasică, iar în cazul lucrărilor de refacere a amenajărilor sau înlocuire a unor elemente de compartimentare avariate, superioritatea în privința vitezei de execuție este evidentă.

În U.R.S.S. ancorele de tip UȘS, produse de uzina mecanică a combinatului din Norilsk încă din anul 1975, asigură o capacitate portantă de $12 \cdot 10^4$N, permițînd o foarte bună fixare a moazelor I 4.

La noi în țară capătă o răspîndire tot mai mare fixarea moazelor cu ancore prinse în gaură prin intermediul rășinilor sintetice. Sistemul de prindere a moazelor prin intermediul suporților fixați de perete prin ancore și rășini sintetice a fost aplicat prima dată la

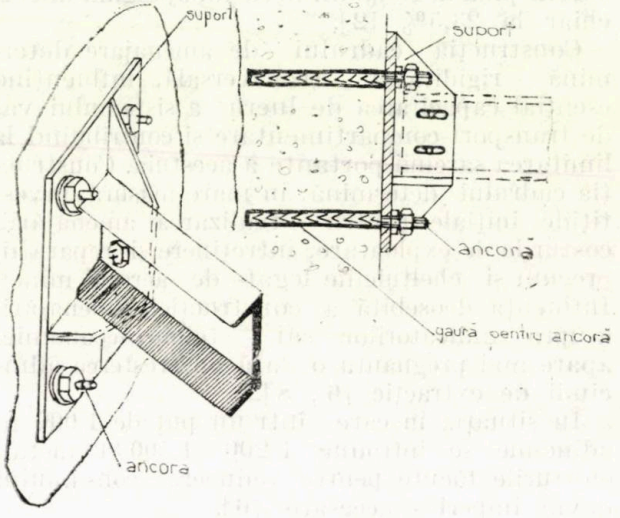



Fig. 8

I. M. Bălan, mina Iara și mina Altîn Tepe, pentru puțuri cu diametru de 4 m, echipate cu două colivii simple.

Forma suportului și modul de fixare a ancorei cu rășini sintetice sînt redate în figura 8.

Moazele-bloc de consolе reprezintă o modificare de principiu a sistemelor de amenajare. Cadrul de compartimentare pentru tipurile de moaze anterioare reprezintă o construcție într-un plan, iar moazele-bloc

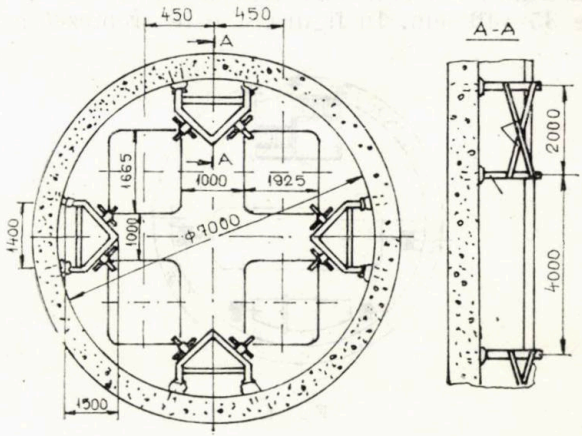



Fig. 9

de consolă constituie o construcție spațială cu înalte caracteristici de rigiditate a căilor de ghidare pentru vasele de transport (fig. 9).

Acest tip de moază a apărut în anul 1980, fiind rodul muncii unui colectiv din Krivoi Rog, care a luat premiul I la concursul inițiat pentru realizarea unor construcții noi și eficiente de amenajare a puțurilor [6].

Moazele-bloc sînt formate din două rame paralele, în consolă, realizate din corniere cu aripi inegale, legate între ele pe verticală pentru rigidizare cu două corniere cu aripi egale, de dimensiuni mai mici. Distanța pe verticală între cele două rame este de 1,5—2,5 m, în funcție de rezistența și rigiditatea necesare. Distanța pe verticală între blocuri este determinată de săgeata maximă admisă a ghidajelor și poate fi de 4—5 m. După datele autorilor, capacitatea portantă a moazelor-bloc de console este de 3—5 ori mai mare decît cea a moazelor amplasate în mod tradițional.

Folosirea moazelor-bloc de console în formă de A (fig. 9) reduce apariția momentelor de încovoiere care iau naștere pe verticală și sarcinile orizontale în pereții puțului, în punctele de încastrare. În acest fel se mărește siguranța fixării moazelor cu ancore. O variantă îmbunătățită a acestei amenajări, realizată de aceiași autori, are tot moaze-bloc de console însă în formă de π (fig. 10). Această construcție este mai rigidă și cu un consum de metal mai redus.

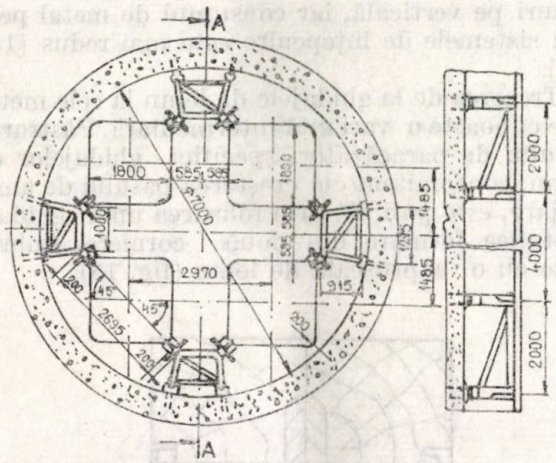



Fig. 10

Este interesant de comparat indicatorii principali ai celor două tipuri de moaze-bloc de console cu amenajare tradițională (tab. 2).

Puțul este echipat cu patru schipuri cu dimensiunile în plan orizontal de 1 630×1 890 mm, care au greutatea moartă de 18,3 t, iar încărcătura utilă de 25 t.

Schemele de amenajare cu blocuri de console se pretează la un înalt grad de mecanizare a montării. Blocurile asamblate la suprafață se introduc în puț unde se manevrează cu macarale speciale montate pe un pod de lucru. Fixarea lor în pereți se face cu ancore.

După cum se vede din figurile 9 și 10, folosirea acestui tip de moaze este limitată la o anumită categorie de puțuri datorită poziției speciale a vaselor de transport. Totuși, principiul lor de construcție poate fi aplicat cu succes și în cazul amenajării cu moaze-console duble (console distanțiere).

Evoluția concepției asupra poziției elementelor de compartimentare a condus la realizări importante în privința reducerii consumului de metal și creșterii rigidității sistemului de ghidare. Folosirea numai a unui singur tip de moaze la amenajarea puțurilor corespunde unor situații speciale, cînd există un anumit raport între dimensiunile vaselor de transport și secțiunea puțului.

*Tabelul 2*

| Indicatorul | Modul de amenajare | | |
|---|---|---|---|
| | normal | A | II |
| Diametrul util al puțului, m | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Coeficientul de rezistență aerodinamică, Pa $S^2/m^2$ | 480 | 180 | 160 |
| Consumul de energie electrică pentru aeraj, mil. kWh | 6,9 | 2,6 | 2,5 |
| Greutatea moazelor pe 1 m puț, t | 0,67 | 0,49 | 0,41 |
| Greutatea ghidajelor pe 1 m puț, t | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| Consumul de muncă la montaj, om·ore/m | 13,8 | 10,36 | 10,36 |
| Viteza de amenajare, m/lună | 300 | 450 | 450 |
| Săgeata maximă pentru: | | | |
| — moaze, mm | 2,00 | 0,60 | 0,54 |
| — ghidaje, mm | 0,94 | 0,56 | 0,56 |
| Tensiunea maximă pentru: | | | |
| — moaze, MPa | 59 | 14,5 | 11 |
| — ghidaje, MPa | 100 | 32 | 29 |
| Pasul de amenajare, m | 4 | 6 | 6 |
| Secțiunea transversală: | | | |
| — ghidaje, mm | | 200 × 200 × 16 | |
| — moaze, mm | 216 × 136 × 16 | 200 × 125 × 16 | 200 × 125 × 16 |
| — legături, mm | | 100 × 100 × 12 | |

Toate realizările cunoscute, ulterioare apariţiei tipurilor noi de moaze, folosesc diferite combinaţii ale acestora pentru a realiza dezideratele principale : reducerea consumului de metal şi a coeficientului de rezistenţă aerodinamică, creşterea rigidităţii căilor de ghidare şi mărirea suprafeţei libere în centrul puţului (fig. 5 ; 9 ; 10 şi 11).

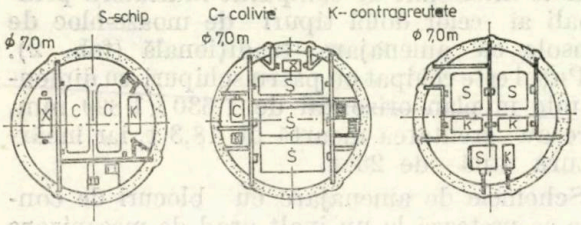



Fig. 11

*Ghidajele şi pasul de amenajare*

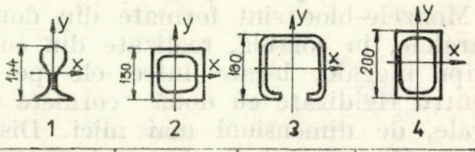
Cerinţele generate de reducerea consumului de metal şi de creşterea vitezei de amenajare conduc foarte uşor la ideea reducerii pasului de amenajare.

Folosirea ghidajelor de lemn este abandonată deoarece au o elasticitate mare, un pas de amenajare mic — deci consum mare de metal pentru amenajare—reclamă o întreţinere permanentă cu consum mare de timp, iar viteza de extracţie este redusă [15]. Din practică, ghidajele de lemn nu permit viteze de extracţie mai mari de 10 m/s.

Pe de altă parte, ghidajele de lemn devin dezavantajoase prin faptul că necesită o cantitate foarte mare de lemn de bună calitate pentru confecţionare.

Din motivele de mai sus, în prezent s-a generalizat folosirea ghidajelor metalice. Iniţial acestea au fost confecţionate din şine de cale ferată, însă nu au corespuns întrutotul cerinţelor. Realizarea unor viteze mari de extracţie, de peste 6—8 m/s, reclamă folosirea glisierelor cu role de ghidare, care au nevoie de suprafeţe mari de rulare în trei planuri. Din alt punct de vedere, profilul de şină are, faţă de axa $y$, un modul de rezistenţă de circa cinci ori mai mic decît faţă de axa $x$. După cum se ştie, toate măsurările efectuate au demonstrat că sarcinile transmise ghidajelor din vasul de transport sînt aproximativ egale atît în planul frontal, cît şi în cel lateral. Din aceste motive s-a trecut la folosirea unor ghidaje cu profil închis sau semiînchis, care satisfac toate condiţiile necesare şi, în plus, au şi un consum redus de metal. În figura 12 sînt arătate comparativ cele trei tipuri de ghidaje.

Profilul de tip 2 se confecţionează prin sudarea longitudinală fie a două profile corniere, fie a două profile U (profil 4). Ultimele sînt mai avantajoase ca rezistenţă, dar nu sînt pătrate, iar sudura pe mijlocul unei suprafeţe conduce la o prelucrare suplimentară pentru îndreptarea ei. Profilul de tip 3 necesită o




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| G | kg/m | 45,3 | 47,2 | 45,7 | 44,0 |
| Ix | $cm^4$ | 1527 | 1328 | 2521 | 2246 |
| Iy | $cm^4$ | 293 | 1328 | 3255 | 1510 |

Fig. 12

confecţionare specială, dar are cel mai redus consum de metal şi cele mai bune caracteristici de rezistenţă şi rigiditate. Totodată, fixarea pe moaze este mai uşoară, permiţînd unele jocuri pe verticală, iar consumul de metal pentru sistemele de înţepenire este mai redus [15 ; 17].

Trecerea de la ghidajele de lemn la cele metalice cunoaşte o variantă intermediară. Păstrarea tipului de paracăzători specifici ghidajelor de lemn, concomitent cu creşterea pasului de amenajare, este posibilă prin folosirea unor ghidaje metalice formate din două corniere, îmbrăcate cu o căptuşeală de lemn (fig. 13).

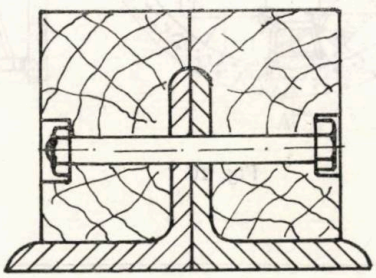


Fig. 13

Aceasta constituie calea de rulare a glisierelor şi este prinsă către inima metalică cu ajutorul unor şuruburi îngropate [19]. Nu se cunosc rezultatele obţinute în urma exploatării unui astfel de sistem de ghidare. Un avantaj pe care-l prezintă este reducerea consumului de lemn de calitate superioară pentru ghidaje. Consumul de metal cerut în ghidaje la pasul de amenajare dublat este relativ mare, fapt pentru care, utilizînd ghidaje combinate, nu se realizează economie de metal la amenajare, ci numai avantaje privind creşterea productivităţii la amenajare.

Distanţa dintre cadre (pasul de amenajare), care se foloseşte în mod curent, este de 3—4,5 m. În ultimii ani au apărut însă paşi de amenajare de pînă la 6,25 m, sistem care se

extinde din ce în ce mai mult datorită economicității. În R. P. Polonă, primele experiențe cu pas mare de amenajare datează din anul 1967, la puțul Fox al minei Knurev; în U.R.S.S. mai multe puțuri din Djezkazgan, Norilsk, Rostov, Zaporoje și alte zone se exploatează de mai mulți ani cu pași de amenajare de 5—6,25 m; în R.F.Germania, în anul 1970, s-au amenajat două puțuri în acest mod.

O îmbunătățire substanțială a rigidizării ghidajelor a adus-o sistemul de amenajare cu moaze-bloc de console [6], așa cum rezultă din tabelul 2.

Creșterea pasului de amenajare aduce avantaje substanțiale în privința întreținerii, prin reducerea numărului cadrelor, deoarece pentru întreținerea ghidajelor cheltuielile sînt aproape nule. Un număr mare de cadre nu poate asigura o siguranță sporită, întrucît în cazul puțurilor principale de extracție nu se poate acorda un timp prea mare pentru verificarea și întreținerea lor [15].

Se apreciază că pași de amenajare mai mari de 6 m vor fi greu de realizat, deoarece obligația de a fixa fiecare ghidaj cu cel puțin trei cadre face ca un tronson de ghidaj să aibă o lungime de cel puțin 12 m. Ori introducerea în puț a unor elemente cu lungimi mari este foarte greu de realizat [15].

Obținerea unor parametri siguri de exploatare a ghidajelor obligă la admiterea unor săgeți maxime, în timpul exploatării de 1 : 5 000 din distanța dintre două puncte de fixare [7], iar modificarea direcției unui ghidaj față de cel precedent nu trebuie să depășească 1 mm la 2 m pentru viteza de 20 m/s sau cu ceva mai mult pentru viteze mai mici [15]. Așadar, realizarea practică a montării ghidajelor în cazul vitezelor mari de extracție este o operație foarte minuțioasă.

Un caz cu totul deosebit și foarte important îl constituie ghidarea pe cabluri. Sistemul este foarte interesant în privința cheltuielilor de amenajare și a duratei de realizare. Apărut la începutul secolului XX, sistemul a fost apoi abandonat. Începînd din anii '60, sistemul recapătă o extindere din ce în ce mai mare pentru puțurile cu adîncimi de 800—1 200 m. Acest lucru a fost posibil prin realizarea unor dispozitive corecte de întindere, de prindere a vasului de transport în cazul ruperii cablului și de aducere la punct fix a vaselor de transport în dreptul rampelor. În prezent acest lucru începe să fie posibil și la orizonturi intermediare.

Un dezavantaj important al acestui sistem de ghidare constă în distanța liberă mare care este necesar să se asigure între vasele de transport și între acestea și pereții puțului. Din aceleași motive, așa cum se vede din figura 14, între cele două vase de transport se montează cabluri de siguranță care preîntîmpină ciocnirea lor în momentul încrucișării pe puț.

În general, pentru ghidare se folosesc cabluri de construcție închisă sau semiînchisă.

Ghidarea pe cabluri este aplicabilă atît pentru extracția cu multicablu, cît și pentru

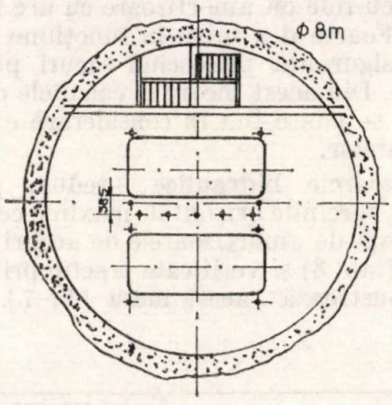



Fig. 14

monocablu, prinderea vasului de extracție în caz de rupere a cablurilor fiind rezolvată prin sisteme de paracăzători speciali.

Ghidarea pe cabluri se mai folosește în mod curent la contragreutăți, eliminîndu-se în acest fel ghidajele clasice și moazele suplimentare pentru fixarea lor.

Acest sistem de ghidare are un viitor sigur în exploatarea puțurilor, prin reducerea extraordinar de mare a cantității de metal folosite, precum și datorită întreținerii practic inexistente. În cazul puțurilor de extracție de la un singur orizont, acest sistem de ghidare devine rentabil de la 500 m adîncime [19].

Acumularea, în ultimii ani, a experienței în construcția și exploatarea amenajărilor rigide cu pasul de 5—6 m a demonstrat fiabilitatea lor. Există posibilitatea certă de trecere la acești pași mari de amenajare datorită existenței unor aprofundate cercetări teoretice și practice a sistemului dinamic „vas de transport-compartimentare". În locul ghidajelor de lemn sau șină de cale ferată și al moazelor din profilul U sau dublu T (secțiuni cu modul de rezistență foarte scăzut pe unul din planuri), se folosesc tot mai mult profile metalice închise sau semiînchise cu pereți subțiri, care au o rigiditate transversală la încovoiere cu mult mai mare.

*Dispozitivele de ghidare*

Creșterea parametrilor de exploatare intensivă a instalațiilor de extracție a condus la eliminarea rapidă a dispozitivelor de ghidare prin glisare (papuci rigizi). Chiar și în cazul ghidajelor de lemn cu viteze mici de extracție,

de pînă la 6 m/s, este indicată înlocuirea lor pentru reducerea uzurii ghidajelor.

Ghidajele cu role care se folosesc în prezent sînt de două tipuri :

— cu amortizoare cu arc ;

— cu amortizoare hidraulice.

O exploatare îndelungată a condus la concluzia că pentru viteze mai mari de 10 m/s ghidajele cu role cu amortizoare cu arc nu sînt indicate. Foarte des intră în funcțiune papucii rigizi de siguranță provocînd șocuri puternice în ghidaje. Din acest motiv în calculele de rezistență nu se poate lua în considerare existența amortizoarelor.

Amortizoarele hidraulice reduc, pînă la 5 — 10 ori, sarcinile orizontale maxime ce apar în ghidaje, față de amortizoarele de arcuri. Datele calculate (tab. 3) și verificate practic prin măsurări demonstrează acest lucru [4 ; 7].

dacă mina mai are și alte puțuri în funcțiune [5].

Așa cum se vede din figura 15, se utilizează compartimente de circulație montate în consolă și care nu sînt legate de elementele de

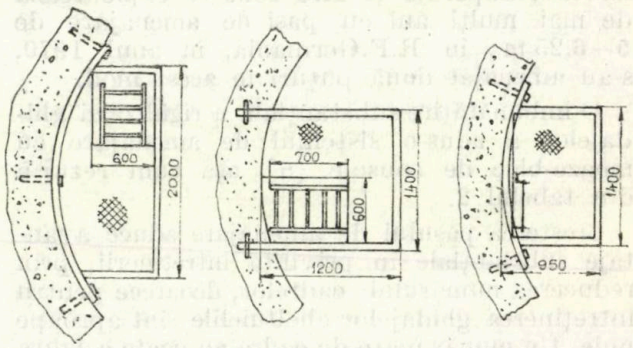



Fig. 15

*Tabelul 3*

| Viteza, m/s | Sarcina maximă orizontală calculată în kN pentru vase cu greutatea de: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | role cu arcuri | | | | role cu amortizor hidraulic | | | |
| | 100 t | 50 t | 35 t | 20 t | 100 t | 50 t | 35 t | 20 t |
| 8 | 15,05 | 7,5 | 5,3 | 3,0 | 3,25 | 1,65 | 1,15 | 0,65 |
| 10 | 23,5 | 11,17 | 8,1 | 4,7 | 5,10 | 2,55 | 1,80 | 1,00 |
| 12 | 33,9 | 16,95 | 11,85 | 6,3 | 7,35 | 3,65 | 2,55 | 1,45 |
| 14 | 46,1 | 23,05 | 16,15 | 9,2 | 9,95 | 5,00 | 3,50 | 2,60 |

Adoptarea acestor sarcini este condiționată de faptul că pe tronsoanele rectilinii ale ghidajelor sistemul hidraulic practic nu funcționează, iar asupra ghidajului acționează numai forța de compresiune a arcului de la umerii de sprijin ai rolelor [7].

Este elocventă necesitatea trecerii la realizarea dispozitivelor de ghidare cu amortizoare hidraulice, deoarece constituie o sursă foarte importantă pentru reducerea consumului de metal, concomitetnt cu creșterea siguranței în exploatarea instalației de extracție.

*Compartimentul de circulație*

Perfecționările continue ale amenajării puțurilor au adus modificări și în concepția realizării compartimentului de circulație.

Creșterea productivității muncii la montaj și introducerea noilor forme de moaze au condus la realizarea unor compartimente de circulație confecționate și asamblate la suprafață, în tronsoane egale cu pasul de amenajare. Acestea se introduc în subteran și de pe podurile de lucru se fixează în pereți cu ajutorul ancorelor [1 ; 4 ; 7].

Un lucru foarte important de menționat este faptul că în legislația altor țări nu este obligatorie realizarea unui compartiment de circulație la puțurile principale de extracție, compartimentare folosite pentru vasele de transport. Chiar și modul de amplasare a scărilor sau de protejare a compartimentului de circulație față de compartimentul de transport diferă destul de mult (fig. 16) în comparație cu practica mineritului nostru. Siguranța foarte mare în exploatare a instalațiilor moderne de extracție face ca acest compartiment

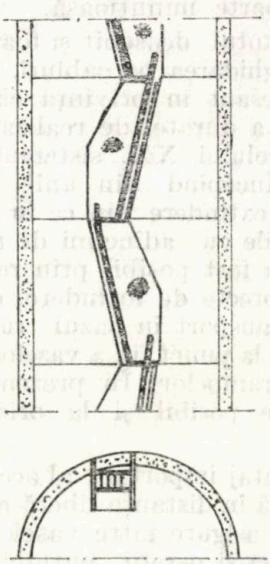


Fig. 16

de scări să devină aproape fără scop, mai ales atunci cînd pe un singur puț sînt montate mai multe mașini de extracție. Este de reținut tendința de montare a compartimentului de scări din tronsoane prefabricate care se introduc în puț și se fixează în pereți cu ancore. Gradul de creștere a productivității muncii în acest caz este foarte ridicat.

### III. Direcții de raționalizare a sistemelor de amenajare-echipare a puțurilor

Din cele prezentate, se desprind mai multe categorii de măsuri, atît pentru raționalizarea sistemelor de amenajare-echipare actuale a puțurilor tipizate, cît și pentru echiparea și amenajarea puțurilor adînci, cu capacitate sporită față de cele tipizate.

*Măsuri pentru reducerea consumului de metal la puțurile amenajate conform albumului de profile miniere tipizate*

**a.** Generalizarea ghidării frontale a coliviilor, cu respectarea pasului de amenajare actual la puțurile utilate cu mașini de extracție monocablu. În figura 17 se redă modul de amenajare a puțurilor cu diametre de 4,0 și 4,4 m, echipate cu două colivii simple, amenajate pentru ghidarea frontală.

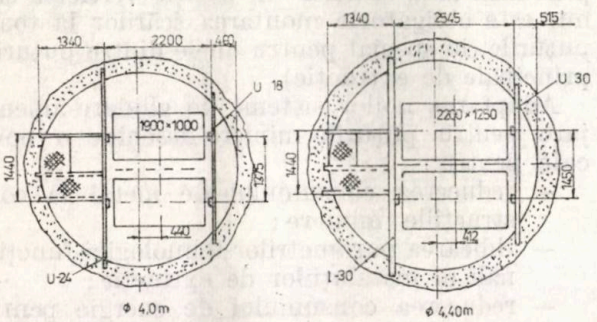



Fig. 17

Comparația consumului de metal este redată în tabelul 4.Pe lîngă consumul redus de metal, acest mod de amenajare asigură și reducerea coeficientufui de rezistență aerodinamică [19].

Pe lîngă economia de metal, sistemul de ghidare frontală conduce și la reducerea duratei de execuție a amenajării prin reducerea numărului de pilugi cu 20%.

**b.** Generalizarea dispozitivelor de ghidare cu role cu arc pentru ghidaje din lemn. Se recomandă utilizarea bateriei de role de ghidare proiectată de I.C.I.T.P.M.L. Craiova, pentru colivii duble ghidate frontal.

Construcția permite reglarea distanței între role pentru toată gama de ghidaje uzuale.

**c.** Experimentarea ghidajelor combinate, metal cu lemn (fig. 13), pentru creșterea pasului de amenajare și a productivității la montaj. Acest tip de ghidaj se justifică economic pentru două situații speciale :

— la puțurile adînci, unde prin creșterea productivității la amenajare datorită majorării pasului de amenajare și a lungimii tronsoanelor de ghidaj de la 4 la 12 m rezultă avantaje economice care compensează consumul de metal suplimentar ;

— la puțurile unde elementele de compartimentare sînt supuse unui proces de coroziune pronunțat și în special pentru puțuri existente care reclamă executarea de lucrări de reparații prin înlocuirea moazelor corodate, unde lungimea tronsonului de ghidaj permite înlocuirea moazelor în regim de reparații curente.

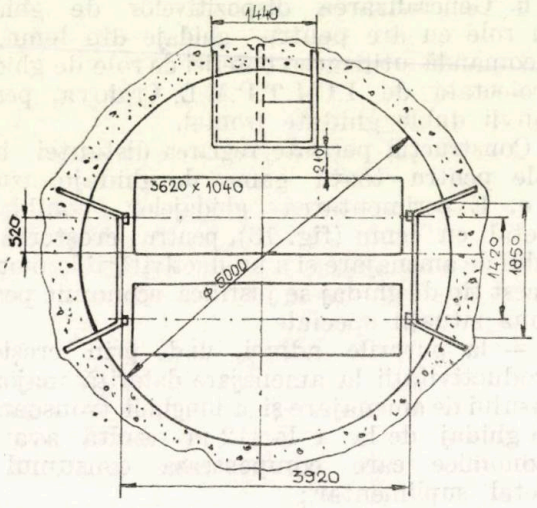
**d.** Generalizarea sistemului de prindere a moazelor de peretele puțului prin intermediul

*Tabelul 4*

| Diametrul puțului, m | Sistemul de ghidare | Profilul moazei | Cantitatea de oțel consumat, kg/cadru | Consum de metal pe metru de puț, % | Coeficient de rezistență aerodinamică | Cheltuieli de energie pentru circulația aerului prin puț, mii lei/an |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,0 | Laterală | U 20 | 306,13 | 100 | 35 | 497,05 |
| | Frontală | U—18 | 59,3 | | | |
| | | V—24 | 146,08 | | | |
| | | Total | — 215,38 | 70,4 | 14,99 | 233,7 |
| | Diferența | | — 90,75 | —29,6 | — | —263,35 |
| 4,4 | Lateral I | U—24 | 471,44 | 100 | 21,4 | 201,6 |
| | Frontal II | U—24 | | | | |
| | | U—30 | 217,14 | | | |
| | | Total | 330,02 | 70,0 | 11,9 | 113,5 |
| | Diferența | | —141,42 | —30,0 | — | —88,1 |
| | Lateral III | V—30 | 653,04 | 100,0 | — | — |
| | Frontal II | V—30 | 157,08 | | | |
| | | I—30 | 254,74 | | | |
| | | Total | 411,82 | 62,7 | — | — |
| | Diferența | | —241,22 | —37,3 | — | — |

I — colivie monoetajată; II — colivie bietajată

suporţilor fixaţi cu ancore şi răşini sintetice. Acest sistem de prindere a moazelor a fost omologat pentru puţurile echipate cu maşini de extracţie multicablu; s-au terminat încercările tehnologice şi pentru puţurile echipate cu colivii cu paracăzători. Prin aplicarea acestui sistem de amenajare s-au economisit 400 lei/m de puţ, iar productivitatea la montajul moazelor a crescut cu 40% prin eliminarea procesului de săpare şi betonare a pilugilor.




F.g. 18

*Tabelul 5*

| Specificaţie | Consumul de metal pe tronson de 4 m, kg | | | |
|---|---|---|---|---|
| | profil amenajat cu moaze în consolă | | profil tipizat | diferenţa |
| Consumul de moaze | U—24 | 441,56 | | |
| | 100×100×10 | 45,30 | I—24 613,98 | 105,77 |
| | 70×70×7 | 21,35 | | |
| | Total: | 508,21 | | |
| Compartimentul de circulaţie | | 279,0 | 296,09 | 17,09 |
| Total: | | 787,21 | 910,07 | 122,86 |

e. Amenajarea puţurilor cu diametrul de 5,0 m, echipate cu două colivii duble, cu moaze în consolă şi compartiment de circulaţie din module fixate prin intermediul moazelor de peretele puţului (fig. 18).

În tabelul 5 se redau consumurile de metal la amenajare, în comparaţie cu profilul tipizat PE—5,0.

Prin aplicarea acestui sistem de amenajare se obţin economii de manoperă în valoare de 450 lei/tronson şi creşterea productivităţii la montajul amenajării cu 30% faţă de amenajarea puţului tipizat.

*Măsuri şi soluţii propuse pentru modernizarea sistemului de echipare-amenajare la puţurile adînci şi cu capacitate sporită*

1. Trecerea la ghidarea pe colţuri a vaselor de extracţie, pe puţurile echipate cu maşini de extracţie multicablu, inclusiv proiectarea şi execuţia vaselor echipate cu role de ghidare amplasate în dreptul colţurilor laterale sau diametral opuse.

2. Realizarea dispozitivelor de ghidare cu role prevăzute cu amortizoare hidraulice în cazul utilizării ghidajelor metalice.

3. Experimentarea sistemului de ghidare pe cabluri prin amenajarea unui puţ de minimum 500 m adîncime, echipat cu maşină de extracţie multicablu. În acelaşi timp este necesară asimilarea şi omologarea paracăzătorului pe cablu pentru a permite extinderea sistemului de ghidare pe cabluri şi la puţurile echipate cu maşini de extracţie monocablu.

4. Completarea normelor departamentale de protecţia muncii, în sensul introducerii unor prevederi suplimentare referitoare la situaţiile şi condiţiile în care este permisă reducerea dimensiunilor compartimentului de circulaţie prin montarea scărilor în poziţie verticală sau nu, este obligatorie montarea scărilor la toate puţurile (în special pentru unele dintre puţurile principale de extracţie).

Adoptarea noilor sisteme de ghidare-amenajare pentru puţurile miniere deschide o nouă cale pentru :

— reducerea consumului de metal la construcţiile miniere;
— ridicarea parametrilor tehnologici-funcţionali ai instalaţiilor de extracţie; —
— reducerea consumului de energie pentru aerajul general, prin îmbunătăţirea parametrilor de aeraj al secţiunii puţului.

În acelaşi timp, raţionalizarea sistemului de compartimentare asigură şi creşterea productivităţii la montajul elementelor de compartimentare, inclusiv reducerea duratei de execuţie a lucrărilor.

Desigur, toate acestea au implicaţii în tehnologia şi echipamentul de săpare a puţurilor, respectiv în construcţia turnului şi a vaselor de extracţie. Adoptarea noilor sisteme de ghidare admite creşteri substanţiale ale capacităţii de extracţie, fapt ce va reclama modificări în sistemul de transport orizontal subteran şi de la zi, schimbări caracterizate prin eficienţă sporită.

Se evidenţiază faptul că la proiectarea unui nou puţ sau deschiderea prin puţuri a unui nou cîmp minier, în funcţie de diferite variante de echipare-amenajare posibile, capacităţile nominale vor fi diferite. Prin urmare, comparaţia variantelor trebuie să se facă pe baza cheltuielilor specifice şi a consumurilor specifice raportate la capacitatea nominală a puţului, exprimată în tone-kilometru pe an.

Pentru determinarea schemei raţionale de amenajare-utilare se vor studia toate schemele tehnic posibile şi reale, luînd în considerare implicaţiile ce se aduc atît în perioada de săpare, cît şi în perioada trecerii de la deschidere (explorare) la exploatare.

În cazul în care utilarea puţului pentru toate variantele se face strict pentru aceeaşi capacitate de extracţie, comparaţia se face după cheltuielile totale pe variante şi durate de execuţie, respectiv echivalarea valorică a eficienţei realizate prin execuţie în avans a diferitelor variante, faţă de varianta cu cea mai lungă perioadă de execuţie.

**Bibliografie**


[1] Vlaşenko, I. I. *Studiul amenajării în consolă-distanţier a puţului de la o mină de minereu de fier.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 4, 1979, p. 14—16.

[2] Vlaşenko, I. I. *Amenajarea în consolă-distanţier pentru puţurile verticale.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 3, 1980, p. 6—9.

[3] Baklaşov, I. V. *Parametrii de exploatare ai construcţiilor progresive de amenajare rigidă a puţurilor.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 2, 1980, p. 7—9.

[4] Petrenko, E. V. ş.a. *Perfecţionarea amenajării puţurilor la minele adînci.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 5, 1980, p. 6—9.

[5] Gorenţveig, G. *Noi sisteme şi construcţii de amenajări rigide ale puţurilor verticale cu colivie.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 4, 1983, p. 4—8.

[6] Petrenko, E. V. *Construcţii eficiente de susţinere şi amenajare a puţurilor de extracţie.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 1, 1981, p. 7—14.

[7] Dorjinkevici, I. B. *Noi construcţii de amenajare a puţurilor de extracţie şi metodica calculului lor.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 11, 1980, p. 26—29.

[8] Garkuşa, N. G. ş.a. *Utilizarea mai largă a construcţiilor progresive de amenajări rigide ale puţurilor.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 6, 1987, p. 14—18.

[9] Garkuşa, N. G. *Alegerea raţională a parametrilor vaselor de extracţie şi ai amenajărilor rigide ale puţurilor.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 1, 1968, p. 4—8.

[10] Dzinbenko, M. G. ş.a. *Perfecţionarea schemelor de amenajare a puţurilor de extracţie verticală.* Gornii jurnal, nr. 9, 1969, p. 29—32.

[11] Garkuşa, N. G. ş.a. *Determinarea sarcinilor orizontale pe amenajarea rigidă a puţurilor de extracţie verticală.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 7, 1969, p. 16—18.

[12] Petrenko, E. V. ş.a. *Un nou proiect tip de secţiune şi amenajare a puţurilor cu cabluri rigide.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 10, 1980, p. 5—7.

[13] Baronski, I. V. ş.a. *Despre durabilitatea amenajării puţurilor verticale cu moaze în consolă.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 3, 1982, p. 20—21.

[14] Durov, E. M. *Proiectarea secţiunilor optime ale puţurilor de extracţie cu schip cu aşezarea abruptă şi înclinată a stratelor.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 7, 1981, p. 7—11.

[15] Hoischen, A. *Amenajări pentru puţurile principale.* Glückauf, 14, 1970, p. 696—700.

[16] Gavruţki, G. ş.a. *Studiul sarcinilor orizontale pe amenajări în puţul cu colivie de la Combinatul de minereu de fier Zaporojskoe nr. 1.* Şahtnoe stroitelstvo, nr. 7, 1981, p. 19—21.

[17] * * * *Metodă nouă de amenajare la cel mai adînc puţ din ţară.* Bányászat, nr. 5, 1970.

[18] Leţu, N., Cărpinişanu, D. *Susţineri miniere.* Ed. tehnică, 1973.

[19] Makkai, I. ş.a. *Modificarea compartimentării puţurilor în vederea reducerii consumului de metal şi îmbunătăţirea sistemelor de ghidare a coliviilor.* Studiu I.C.P.M.S.N., 1987.


# O nouă soluţie constructivă a principalelor subansamble ale instalaţiei cu plug PL-81*)


Prof. ing. **V. Minarj**,
dr. doc. ing. **G. Gondek**,
ing. **F. Şmerda**


## Introducere

Mecanizarea tăierii stratelor de carbune foarte subţiri se confruntă cu o serie întreagă de probleme, a căror rezolvare se aşteaptă de la constructorii de utilaje. În scopul reducerii duratei perioadei dintre fazele de cercetare şi introducere în producţie a fost înfiinţată Asociaţia oamenilor de ştiinţă şi din unităţile OKB — Ostıoj Opava, OKB — mina Staržich şi Institutul de mine şi metalurgie Ostrava. Acest colectiv de muncitori, tehnicieni şi oameni de ştiinţă a reuşit ca, într-o perioadă de timp ıelativ scurtă, pe baza studierii condiţiilor de exploatare a instalaţiilor cu plug, să rezolve, din punct de vedere constructiv, unele subansamble ale instalaţiei cu plug PL-81, care influenţează asupra productivităţii acesteia.

## Caracteristicile principalelor subansamble ale instalaţiei cu plug PL-81

Tăierea cărbunelui cu plug este un procedeu în cadrul căruia din strat se taie un şpan cu grosimea de circa 10 cm. Cărbunele desprins este încărcat de către corpul plugului pe transportorul cu raclete din abataj şi, mai departe, este deversat pe transportorul colector.

Întreprinderea OKB—Ostroj a început fabricarea instalaţiilor cu plug în anul 1973. Prima instalaţie PL-8A s-a folosit, în special, în stratele subţiri cu înclinare mică sau medie la minele din zona Ostrava. Începînd cu anul 1980 s-a trecut la fabricarea instalaţiei cu plug perfecţionate tip PL-81, care să fie folosită în minele de cărbuni din bazinul Ostrava-Karvina.


* Articol primit din partea revistei UHLI din R. S. Cehoslovacă, conform prevederilor Protocolului din 1985. Colegiul de redacţie al revistei MINE, PETROL şi GAZE mulţumeşte revistei UHLI şi autorilor articolului.

Instalaţia cu plug PL-81 (fig. 1) se foloseşte la tăierea cărbunelui din stratele cu o grosime de peste 0,55 m.

Principalele avantaje ale instalaţiei sînt :

— posibilitatea folosirii acesteia în combinaţie cu susţineri individuale (SHT, SHZ, SH) sau cu susţineri mobile (DVP 11, DVP 7);

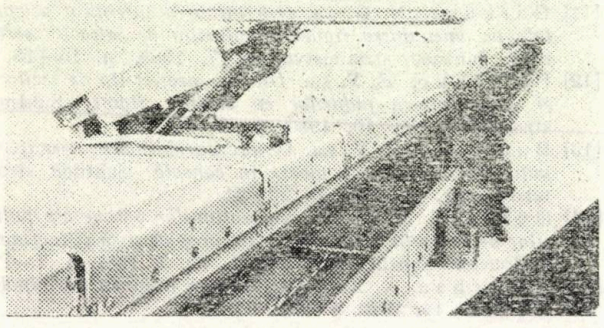


Fig. 1. Instalaţia cu plug PL-81.

— unificarea acţionării instalaţiei cu plug şi a transportorului;

— ranforsarea jgheaburilor de la transportor;

— tensionarea mecanică a lanţului de la instalaţia cu plug şi respectiv de la transportor;

— comanda pe bază de program a instalaţiei cu plug, inclusiv a poziţiei plugului în front.

**Caracteristicile tehnice ale instalaţiei cu plug PL-81**

Grosimea stratului, 0,55 m şi peste.
Rezistenţa la tăiere a cărbunelui, max. 32 MPa.
Lungimea completului de livrare, 200 m.
Viteza de tăiere a plugului, $V_1 = 0{,}52$ şi $V_2 = 0{,}95$ m/s.
Motor electric CVM280SO4—75 kW;
CVM280MO4—100 kW.
Lanţul pentru plug 26×96/C; rezistenţa, 850 kN.
Înălţimea de deplasare a plugului :
— fără dispozitiv, 600 sau 450 mm;
— cu dispozitiv, 800 mm.
Corpul plugului: lăţime, 450—1 000 mm.

O dată cu trecerea la exploatarea stratelor subţiri din zona Karvina s-au introdus şi instalaţiile cu plug. În cazul stratelor cu o formă regulată din zona Karvina, se preconizează extinderea pe o scară mai mare a instalaţiilor cu plug, în combinaţie cu susţinerile mecanizate.

**Principalele componente ale instalaţiei cu plug**

*Dispozitivul de acţionare*

Lucrările legate de construcţia şi elementele componente ale dispozitivului de acţionare au cunoscut în ultimul timp o dezvoltare puternică . În anii '60 se susţinea, tot mai des, ideea că dispozitivul de acţionare (şi în cazul transportorului) trebuie să fie hidraulic, ca să poată adapta automat viteza acestor instalaţii la sarcina motoarelor sau la cantitatea de cărbune tăiat. Reglarea automată trebuia să permită încărcarea uniformă a motoarelor şi funcţionarea optimă din punct de vedere economic a dispozitivelor de acţionare. Cercetările efectuate au arătat că cele mai bune rezultate (parametri tehnico-economici de tăiere) se obţin cu cutii de viteze mecanice, proiectate cu un coeficient de siguranţă al motorului destul de ridicat. Dacă viteza plugului şi a transportorului se adoptă la valoarea maxim posibilă, ţinîndu-se seamă de cinematica sarcinii lanţului, încărcătura pe unitatea de lungime a transportorului din abataj şi volumul de transport în abataj, atunci dispozitivele respective de acţionare vor obţine rezultate optime.

Principalele elemente componente ale dispozitivului de acţionare a instalaţiei cu plug sînt următoarele.

● Motoarele electrice asincrone cu rotor scurtcircuitat, cu răcire cu aer sau cu apă. Caracteristica acestora $M_c = f(N)$ trebuie să fie—pe cît este posibil—plată, cu moment de pornire care să nu fie mult mai mare decît cel de funcţionare. Acest lucru este deosebit de important pentru acţionările cuplajelor de pornire.

● Motoarele electrice asincrone cu comutarea cuplurilor de poli. Acestea permit tăierea cărbunilor la diferite viteze, în ambele sensuri de deplasare a plugului. De regulă se adoptă raportul cuplurilor de poli, în funcţie de sensul de rotire a motorului electric, egal cu 1 : 3 sau 1 : 2. De acest raport depinde şi productivitatea. La cele mai moderne instalaţii cu plug se folosesc motoare electrice cu posibilităţi de comutare a numărului de cupluri chiar şi la tăierea şpanului cu viteză mare şi la frînarea cu viteză redusă pînă la ambele puncte moarte. Prin aceasta se reduc considerabil cerinţele faţă de deservirea plugului.

Deoarece cuplajele hidraulice de pornire nu se pot folosi pentru orice turaţie a motorului, avînd în vedere cuplările rapide ale motorului, se impune răcirea cu apă a statorului.

● Cuplajele hidraulice permit cuplarea motoarelor electrice fără sarcină şi, prin urmare, şocurile în reţeaua electrică subterană sînt minime. Această proprietate reduce sarcina motorului de acţionare. De regulă, se folosesc cuplaje hidraulice în ulei, prevăzute cu siguranţe fuzibile, care împiedică creşterea temperaturii uleiului pînă la valorile periculoase şi deci previn apariţia incendiului. Cuplajele hidraulice, cu adăugarea în permanenţă a lichidului de lucru, sînt recomandate numai pentru anumite motoare electrice şi nu se pot folosi cu succes la motoarele electrice care

au posibilitatea de comutare a cuplurilor de poli.

● Cutiile de viteză pentru dispozitivele de acţionare a instalaţiilor cu pluguri reduc turaţiile motorului electric cu numărul necesar, în funcţie de viteza de tăiere necesară. Cutiile de viteză se comută în stare de repaus, prin urmare au cel puţin două turaţii de ieşire. Pentru unitatea de acţionare a plugului sînt două cutii de viteze : una de bază cu cuplaj de siguranţă şi cealaltă suplimentară, fiind specifică instalaţiilor vechi. La instalaţiile noi se folosesc cutii de viteze cu comutare în stare de repaus.

Dispozitivele de acţionare a plugului şi transportorului cu raclete sînt identice. Cutiile de viteze sînt prevăzute cu gresare cu ulei, care este distribuit de roţile dinţate în toate punctele de gresare. Ca o parte componentă a cutiei de viteze este cuplajul de siguranţă, care protejează atît lanţul de tracţiune, cît şi transmisia în caz de suprasarcină. Se proiectează arbori cu un moment mare de torsiune pentru ca în timpul funcţionării să permită un bun acces la ştifturi. De regulă, se folosesc ştifturi pentru diferite sarcini de forfecare. Tipul necesar de ştifturi se alege în funcţie de condiţiile de tăiere existente, astfel încît în timpul funcţionării numărul de ştifturi forfecate pe schimb să nu depăşească 10—20 bucăţi. Cuplajul se execută cu 8 orificii pe discul exterior şi 7 orificii pe discul interior. Numărul mare de orificii permite ca, printr-o rotire neînsemnată a discului exterior al cuplajului motorului, orificiul dorit pe discul exterior să ajungă în dreptul orificiului de pe discul interior. În perioada de forfecare a ştiftului, motorul electric funcţionează, transmisia cu roţi dinţate cu discul exterior al cuplajului se roteşte, dar discul interior al cuplajului, arborele şi steaua de acţionare, montată în locaşurile respective pe partea opusă, nu funcţionează. Conform celor prevăzute, dispozitivele de acţionare a plugului se montează perpendicular pe direcţia longitudinală a transportorului sau paralel cu aceasta. Dispunerea în paralel cu transportorul nu rezolvă problema deplasării plugului la extremitatea abatajului, din care cauză se foloseşte mai puţin. Pe arborele de ieşire al cutiei principale de viteză, în locaşurile respective, este montată steaua de acţionare a lanţului de tracţiune a plugului. Dinţii stelei de acţionare sînt supuşi unor sarcini ridicate la încovoiere şi locaşurile dinţilor care intră în contact direct cu lanţul sînt supuse unor presiuni specifice mari. Prin urmare, stelele de acţionare au suprafaţa călită, pentru a se mări rezistenţa miezului şi, în acelaşi timp, rigiditatea superficială. În cazul în care se foloseşte instalaţie cu plug cu elemente electronice pentru indicarea poziţiei, există un disc cu magneţi permanenţi care emit impulsuri în funcţie de turaţia stelei de acţionare. În componenţa cutiei de viteze trebuie să fie inclus şi un echipament electromagnetic care împiedică pornirea motorului în timpul comutării vitezelor de acţionare.

*Lanţurile de tracţiune*

Pentru plugurile folosite la tăierea cărbunelui, ca elemente de tracţiune se folosesc lanţuri rotunde cu rezistenţă mărită, în conformitate cu prevederile standardului CSD nr. 02.3215. Sarcina dinamică a lanţurilor este ridicată ca urmare a variaţiei mari a rezistenţelor în timpul tăierii în cărbune şi, în special, datorită rezistenţelor pasive variabile în timpul deplasării plugului pe vatră şi de-a lungul transportorului cu raclete.

*Fixarea staţiei de acţionare*

Cerinţele mereu crescînde faţă de procedeul tăierii cu plugul a cărbunelui impun mărirea vitezei de deplasare a plugului şi respectiv a puterii dispozitivelor de acţionare. Din această cauză apar şi noi cerinţe privind fixarea staţiilor de acţionare.

Conform tehnologiei, dispozitivele de acţionare a plugului şi transportorului cu raclete trebuie să se deplaseze în mod continuu în panoul de exploatare.

Forţa componentă creată de masa transportorului, masa cărbunelui încărcat, masa plugului — în cazul abatajelor cu lungime mare şi cu înclinare medie — pot ajunge la valori mari. Dacă la instalaţia cu plug nu se vor lua în permanenţă măsuri de ancorare şi fixare a transportorului din abataj, atunci această forţă va influenţa asupra îmbinărilor jgheaburilor din partea superioară a abatajului şi vor avea loc avarii. De asemenea, în cazul ancorării şi deservirii necorespunzătoare a cilindrilor de deplasare pot avea loc devieri mari între jgheaburile alăturate, ruperea bolţului de amplasare şi deteriorarea jgheaburilor de ghidaj. De aceea în abatajele cu o înclinare a stratului pînă la 15°, jgheaburile transportorului trebuie asigurate cu ajutorul unui lanţ de ancorare, fixat cu un bolţ de jgheabul de trecere al acţionării transportorului. Celelalte jgheaburi ale transportorului se fixează cu ajutorul unor plăci de pătrundere la lanţul de ancorare.

*Utilaje mobile de abataj*

O condiţie a tăierii eficiente a cărbunelui cu ajutorul instalaţiei cu plug o constituie asigurarea unei forţe suficiente de presare a plugului asupra frontului de cărbune. În cadrul măsurărilor efectuate în timpul funcţionării diferitelor tipuri de instalaţii cu plug, s-a stabilit că forţa necesară de presare asupra frontului variază în limitele 5 000—15 000 N/m, pentru plugurile care funcţionează cu impulsuri. Pentru plugurile cu regim de funcţionare prin alune-

care, forța necesară de presare poate fi mult mai mare, deoarece în timpul deplasării plugului transportorul este suprasolicitat. La aceste pluguri, precum și la instalațiile moderne cu regim de funcționare prin impulsuri, datorită faptului că ghidajul plugului se află către front și respectiv către zona surpată, se poate crea o îmbinare a jgheaburilor mult mai rezistentă.

*Dispozitivul pentru devierea traseului transportorului cu raclete*

Se folosește, în primul rînd, la plugurile cu regim de funcționare prin alunecare, permițînd tăierea cărbunelui în stratele cu o hipsometrie variată a vetrei. Dispozitivul permite adaptarea plugului la diferitele condiții de zăcămînt și se fixează către zona surpată, efectuînd devierea jgheaburilor transportorului în jurul unui papuc, amplasat către front sub traseul de alunecare sau în jurul muchiei traseului de alunecare.

*Instalația de stropire a prafului de cărbune*

Instalațiile cu plug fabricate în prezent au o serie de duze, dirijate către frontul abatajului. Duzele creează o perdea de picături fine de apă, prin care trece curentul de aer încărcat cu particule de praf, realizîndu-se astfel stropirea acestora. În perioada următoare, perdeaua de apă este preluată, încă un anumit timp, de curentul de aer în care se află și particulele de cărbune, realizîndu-se stropirea acestora. O parte din jetul de apă de la duze ajunge pe frontul de cărbune și pe transportorul cu raclete, stropind cărbunele. În abatajele în care nu este indicată stropirea, pentru a nu mări conținutul de umiditate sau pentru a se asigura condiții mai bune de lucru, se recomandă folosirea stropirii la nivel de sector.

*Echipamente electrice pentru instalații cu plug*

Aceste echipamente se folosesc la operațiile de reglare, semnalizare și pentru măsurări pe elementele componente ale instalației cu plug. Echipamentele respective trebuie să fie în construcție antigrizutoasă, în conformitate cu prevederile standardelor CSN 34.14.10, CSN 34.14.80 și CSN 34.14.99.

Echipamentele electrice se compun din următoarele părți principale :

— echipamentul electric pentru transportorul cu raclete ;
— echipamentul electric pentru instalația cu plug ;
— amplificatoare pentru abataj ;
— semnalizoare în abataj ;
— agregat pentru încărcarea acumulatorilor ;
— microfoane ;
— dulapuri de reglare și pentru măsurări.

**Noi soluții pentru principalele subansamble**

În cadrul lucrărilor de perfecționare a instalațiilor cu plug au fost elaborate soluțiile constructive pentru următoarele :

1 — acționarea automatizată a funcționării plugului ;
2 — cuplajul de siguranță cu comandă electronică ;
3 — ghidajul plugului PZ-15 A ;
4 — corpul propriu-zis al plugului cu reglare hidraulică ;
5 — dispozitivul de întindere a lanțului de tracțiune ;
6 — lanțul cu raclete TH 601 cu ramura intermediară ranforsată ;
7 — elemente de îmbinare și rotire ale lanțului de tracțiune.

*Dispozitivele de acționare a plugului cu funcționare automatizată* (fig. 2)

Instalațiile cu plug fabricate în serie pînă în prezent, la Întreprinderea de utilaje Ostroj Opava, sînt prevăzute cu dispozitive de acționare mecanică cu o viteză constantă de deplasare ascendentă și descendentă a plugului. Viteza de deplasare a plugului este mai mică decît cea a lanțului cu raclete de la transportor. În cazul în care și plugul și lanțul de la

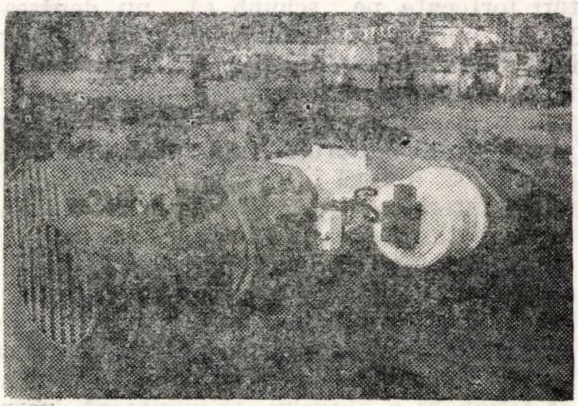


Fig. 2. Dispozitiv de acționare a plugului

transportor se deplasează în același sens, atunci viteza plugului trebuie să fie suficient de mică, deoarece capacitatea transportorului este scăzută și este determinată de diferența dintre vitezele de deplasare a lanțului și a plugului. Întrucît viteza plugului este la fel de mică și la întoarcere, iar volumul de cărbune tăiat din abataj este direct proporțional cu suma vitezelor de deplasare a plugului și transportorului, are loc o insuficientă folosire a caracteristicilor posibile ale instalației. Unele uzine producătoare din străinătate rezolvă această problemă prin folosirea motoarelor asincrone cu rotor scurtcircuitat și cu un număr de cupluri de poli de comutare, astfel că plugul se deplasează ascendent cu o viteză de 2—3 ori

mai mare decît în cazul tăierii descendente. Prin aceasta se reduce durata ciclului efectuat de plug (o deplasare în sus şi alta în jos) şi, drept urmare, creşte considerabil productivitatea instalaţiei. Motoarele menţionate au dimensiuni mai mari şi sînt mai pretenţioase în ceea ce priveşte întreţinerea curentă şi, în special, în cazurile cînd funcţionează în condiţiile grele din subteran. Fiecare motor electric trebuie să aibă două cabluri electrice de alimentare. Dispozitivele de pornire şi siguranţă ale acestor motoare sînt mult mai complicate şi au un preţ ridicat. În R.S.C. nu se fabrică motoare electrice cu cupluri de poli de comutare. O eficienţă similară se poate obţine şi cu ajutorul construcţiei automatizate a cutiei de transmisie PCE 100 M cu dulap hidraulic care, în cazul inversării sensului de rotire a motorului asincron, asigură automat diferite turaţii la ieşire în vederea obţinerii mai multor viteze de tăiere cu plugul, ascendent sau descendent. Principalul element constructiv îl constituie două cuplaje cu plăci reglabile (fig. 3). Forţa se reglează cu ajutorul unui cilindru hidraulic, în care

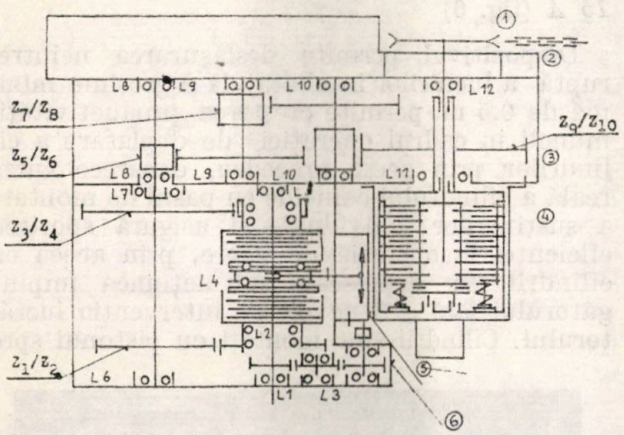



Fig. 3. Schema cinematică a dispozitivului de acţionare automată a plugului: *1* — lanţ de tracţiune; *2* — rama dispozitivului de acţionare; *3* — cutia de viteze RSE — 101; *4* — cuplaj de siguranţă intestructibil; *5* — dulap hidraulic; *6* — cutia de viteze RSE — 100 LS.

mediul de lucru este furnizat de o pompă cu piston, în funcţie de sensul de rotire a rotorului motorului electric. Dulapul hidraulic reglabil este prevăzut cu un fluid hidraulic propriu şi prin cuplarea dispozitivului de reglare se pot obţine patru regimuri de lucru : viteză mică de deplasare descendentă a plugului; viteză mare, ascendentă; viteză mică descendentă şi ascendentă; viteză mică ascendentă şi viteză mare descendentă. Regimurile diferite de lucru permit tăierea în orice condiţii existente în abataj. Sistemul cutiei de viteze cu funcţionare automată permite obţinerea oricăror valori ale raportului dintre deplasarea ascendentă şi respectiv descendentă, deoarece depinde numai de raportul de transmisie al angrenajelor de roţi.

*Cuplaj de siguranţă indestructibil cu comandă electronică* (fig. 4)

Construcţia cuplajului de siguranţă cu comandă electronică se consideră o soluţie modernă importantă. Deoarece în timpul tăierii stratelor de cărbune condiţiile de desprindere din front sînt mult diferite, lanţul de tracţiune şi agregatele de transmisie ale dispozitivelor de acţionare sînt supuse unor forţe dinamice ridicate, care pot conduce la defectarea instalaţiei. De aceea dispozitivele de acţionare a plugurilor şi transportoarelor cu raclete sînt prevăzute cu cuplaje de siguranţă. În funcţie de condiţiile de lucru se înregistrează zilnic forfecarea a 20—100 ştifturi.

Fig. 4. Cuplaj de siguranţă indestructibil cu comandă electronică.

Consumul anual de ştifturi în bazinul Ostrava — Karvina este de 300 000 bucăţi, la o greutate de 0,34 kg/ştift. Forfecarea ştiftului de siguranţă provoacă întreruperea ciclului de tăiere pe o durată de 1—5 minute, iar introducerea unui nou ştift în cuplajul de siguranţă este o operaţie periculoasă şi cu un consum ridicat de manoperă. Deşi s-au efectuat numeroase încercări, pînă în prezent nici o uzină producătoare de utilaje miniere din lume nu a rezolvat problema creării unui cuplaj de siguranţă cu funcţionare permanentă. Cuplajul reglabil cu elemente electronice, creat de OKB Ostroj Opava (fig. 5), este un cuplaj elastic, uscat, care asigură protecţia împotriva patinării excesive şi a temperaturilor ridicate. Acesta protejează dispozitivele de acţionare a instalaţiei cu plug şi a transportorului cu raclete împotriva loviturilor. Echipamentul cu elemente electronice de decuplare asigură, prin rotirea plăcuţelor la 18°, decuplarea motoarelor electrice de la reţeaua de alimentare. La punctul de comandă al operatorului, simultan, se aprinde becul de semnalizare, arătînd că utilajul s-a oprit din cauza suprasarcinii. După

ce se apasă butonul de blocare , becul se va stinge şi se poate cupla dispozitivul de acţionare. În cazul unei supraîncălziri excesive a cuplajului se decuplează protecţia motorului electric, la punctul de comandă pilpiie becul şi

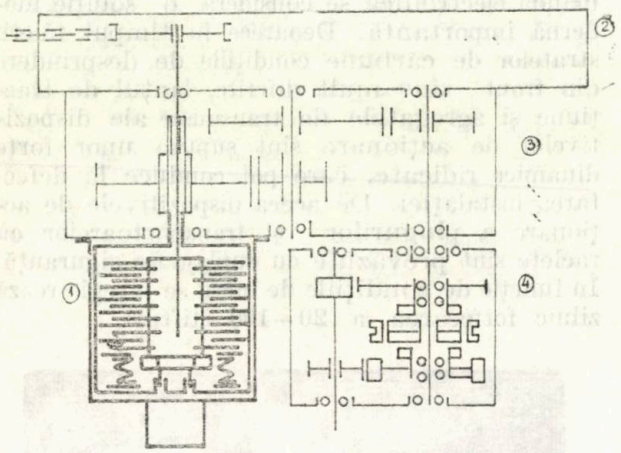



Fig. 5. Schema cinematică a dispozitivului de acţionare cu cuplaj de siguranţă indestructibil cu comandă electronică: *1* — cuplaj de siguranţă indestructibil; *2* — rama dispozitivului de acţionare a plugului; *3* — cutia de viteze RSE — 100 N; *4* — cutia de viteze RSE — 100 S.

recuplarea nu se poate realiza pînă cînd temperatura nu scade. Prin crearea acestui nou cuplaj de siguranţă se va reduce, în comparaţie cu cele existente, durata stagnărilor cauzate de forfecarea ştifturilor de siguranţă, se va reduce temperatura la motoarele electrice, cauzată de numărul mare de cuplări în timpul introducerii ştifturilor, va spori securitatea la lucrările de deservire şi se vor reduce cheltuielile legate de achiziţionarea ştifturilor de siguranţă. Din punct de vedere tehnic, se va îmbunătăţi substanţial corelaţia dintre efortul maxim asupra subansamblelor de legătură şi, respectiv, asupra subansamblelor cu mişcare de rotaţie, respectiv dintre uzura şi rezistenţa la oboseală. Acest nou cuplaj este montat pe arborele de ieşire al dispozitivului de acţionare. Pe arbore este montată furca celor şapte plăcuţe interioare placate cu azbociment; pe arborele cav, la interior, se află furca plăcuţelor exterioare de oţel. Plăcuţele sînt presate în permanenţă de nouă arcuri, a căror forţă de presare poate fi reglată pentru obţinerea momentului de încovoiere necesar. De plăcuţele interioare şi exterioare sînt legate jumătăţile părţii mecanice ale dispozitivului de cuplare.

În cazul patinării plăcuţelor o jumătate a dispozitivului de decuplare iese în afară, care are un magnet permanent. Magnetul oscilează deasupra traductoarelor, care decuplează din reţea motorul electric.

*Principalele caracteristici ale dispozitivului de acţionare*

- puterea maximă transmisă, 100 kW;
- viteza de deplasare a plugului, 0,42 şi 0,75 m/s;
- transmisia totală, 63,7 şi 35,4;
- lanţ de tracţiune, Ø 26 × 92/C.

*Principalele caracteristici ale noului cuplaj*

- momentul de încovoiere transmis, continuu pînă la 38,2 kNm;
- forţa de întindere în lanţ, continuu pînă la 300 kN;
- durata perioadei pînă la decuplarea motorului electric, 0,2 s;
- execuţia elementelor electronice, antideflagrantă;
- durata maximă a stagnării în caz de suprasarcină, pînă la 5 s;
- cantitatea medie de cărbune extras pînă la uzarea plăcuţelor, 200 000 t;
- durata medie a perioadei de înlocuire a cuplajului de siguranţă în condiţiile de mină, pînă la 12 min.

*Dispozitivul pentru deplasarea plugului PZ 15 A* (fig. 6)

Dispozitivul permite desfăşurarea neîntreruptă a lucrărilor în abataj, la o grosime minimă de 0,5 m, permite creşterea productivităţii muncii în cadrul operaţiei de deplasare a cilindrilor prin acest procedeu, deoarece cursa reală a cilindrului coincide cu pasul de montare a susţinerilor individuale şi asigură sporirea eficienţei la operaţia de tăiere, prin aceea că cilindrii se deplasează sub acţiunea împingătorului fără a fi nevoie de intervenţia lucrătorului. Cilindrii sînt montaţi cu pistonul spre

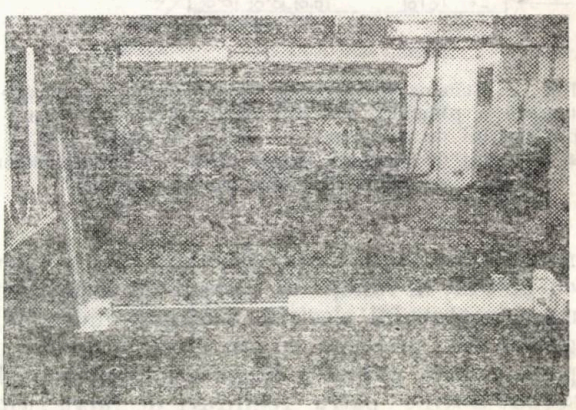


Fig. 6. Dispozitiv pentru deplasare PZ 15 A.

zona surpată, iar la extremităţile cilindrilor se găsesc dispozitivele de reglare. Prin soluţia de ancorare a plugului în zona de surpare şi prin soluţia corespunzătoare a papucului stîlpului de reazem se obţine o lungime totală de deplasare a cilindrului de 1,12 m, permiţînd într-un

strat subțire executarea operațiilor respective pe culoarele 2 și 3 din front. Cuplarea diferențiată a pistonului în momentul presării cilindrului în transportor permite folosirea unor fluide cu presiuni ridicate, influențînd favorabil în cazul tăierii stratelor cu o înclinare medie.

Amplasarea dispozitivului de reglare pe cilindru permite deservirea de către o singură persoană, aceasta ajungînd pînă la stîlpul de reazem al cilindrului și respectiv pînă la dispozitivul de reglare (fig. 7).

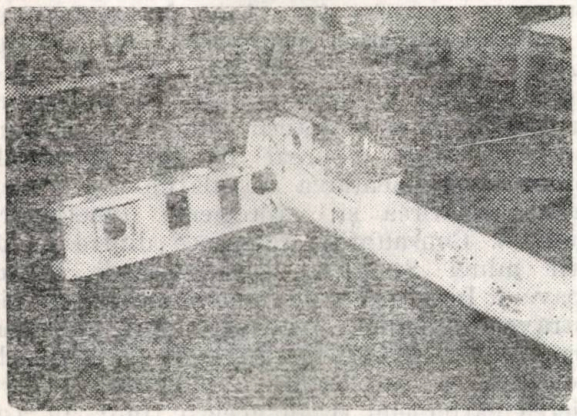


Fig. 7. Placa dispozitivului de reglare PZ 15 A.

*Parametrii tehnici*

—presiunea de lucru a fluidului, pînă la 25 MPa;
—forța de împingere, pînă la 160, kN;
—cursa totală a cilindrului, max 120 mm.

*Corpul plugului reglabil hidraulic* (fig. 8)

Această construcție, avînd posibilitatea de a se adapta la înălțimea variabilă a stratului de cărbune, prezintă următoarele avantaje față de tipurile existente cu acționare mecanică:

— volumul de manoperă mai mic la operațiile de schimbare a înălțimii corpului plugului, la transportul, montarea și demontarea părților componente;

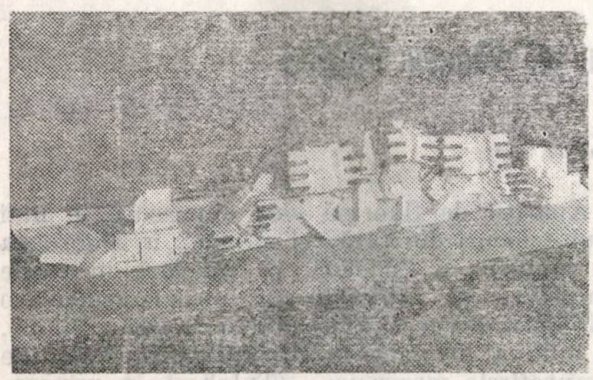


Fig. 8. Corpul plugului cu reglare hidraulică.

— posibilitatea reglării pe înălțime cu 50 mm (în locul adaosurilor exterioare cu înălțimea de 135 sau 260 mm) permite adaptarea mai bună a înălțimii corpului la grosimea reală locală a stratului de cărbune; se reduce volumul de manoperă la încărcarea și evacuarea cărbunelui;

— posibilitatea folosirii unor cuțite prismatice la plug, cu o rezistență mai mare la tăiere cu o durată de exploatare mărită, fapt care permite creșterea productivității la operația de tăiere a cărbunelui tare, cu un volum mai redus de lucrări de perforare și împușcare;

— folosirea cuțitelor plate pentru pluguri și a noului sistem de prindere asigură o mare eficiență operației de tăiere în condiții de lucru deosebit de dificile;

— reglarea eficientă a șpanului de cărbune tăiat și adaptarea optimă la eforturile la tracțiune ale dispozitivelor de acționare, în funcție de producția realizată. Acest avantaj este deosebit de important în timpul tăierii descendente a plugului.

*Principalele caracteristici ale corpului plugului*

— înălțimea minimă de tăiere cu plugul, 500 mm;
— reglarea hidraulică maximă pe înălțime, 800 mm;
— treapta de reglare hidraulică, 50 mm.

*Dispozitivul mecanic de întindere a lanțului de tracțiune*

Acest dispozitiv asigură tensiunea necesară printr-un procedeu rapid, corespunzător, și influențează pozitiv asupra duratei de exploatare a lanțului. Pe baza rezultatelor obținute pînă în prezent, dispozitivul de întindere folosit satisface, în totalitate, din punct de vedere tehnic, dar întreținerea instalației într-o stare bună de funcționare și asigurarea în permanență a acesteia cu personal de deservire calificat sînt încă probleme greu de rezolvat. Construcția dispozitivului de întindere exclude influența permanentă a omului asupra tensiunii preliminare, deoarece reglarea este efectuată de către un electrician. Dispozitivul de întindere este un sabot de frînă, care apasă în momentul extinderii arcului. Garniturile de sub arcuri permit atingerea unor valori diferite ale tensiunii preliminare. Frîna acționează asupra discului de fricțiune, care se află pe arborele de intrare al cutiei de viteze în locul în care momentul de încovoiere are valoarea minimă. Întinderea lanțului se realizează prin pornirea repetată, pe scurtă durată, a motorului electric principal, iar dispozitivul de întindere reține numai efortul care-i corespunde acțiunii sale de frînare. După întinderea lanțului, instalația se fixează cu un bolț și astfel partea liberă a lanțului poate lucra fără nici un fel de pericol. După scurtarea lanțului se apasă, cu bolțul, arcul de presare, slăbind astfel saboții de frînă și, ca urmare, dispozi-

tivul de acţionare este pregătit pentru a fi pus în funcţiune.

*Lanţul cu raclete TH 601 în construcţie ranforsată*

Lanţul cu raclete constituie o soluţie tehnică necesară — în primul rînd — pentru tăierea stratelor de cărbuni cu o grosime de 0,5 m. Pînă în prezent, în cazul avariei lanţului lateral de la cele trei lanţuri cu raclete ale transportorului sub influenţa rigidităţii reduse a îmbinării zalelor de la lanţul mijlociu are loc înclinarea racletelor sub un anumit unghi, faţă de axa longitudinală a transportorului şi ieşirea lanţului din ghidajele în formă de L ale jgheaburilor transportorului. În stratele cu o grosime de 0,5 m, în cazul ieşirii din ghidaje a lanţului inferior, jgheaburile nu se pot adapta decît foarte puţin, astfel încît lichidarea unei avarii necesită un volum mare şi foarte dificil de manoperă. Noua soluţie permite obţinerea rezistenţei şi rigidităţii necesare îmbinărilor. Prin urmare, se poate ca avînd un lanţ avariat să se ajungă la capul de acţionare şi, aici, să se facă uşor şi sigur reparaţia respectivă.

*Verigile de îmbinare şi rotire ale lanţului de tracţiune*

Ca urmare a introducerii tăierii cărbunelui cu ajutorul plugului, în bazinul Ostrava — — Karvina a crescut numărul de verigi de îmbinare şi rotire pentru lanţurile cu raclete.

Deoarece în timpul tăierii cu plugul, asupra lanţului acţionează forţe dinamice cu valori ridicate, cu tendinţă de oboseală a materialului, se impune găsirea unei soluţii tehnice şi constructive. Defectarea verigilor în timpul exploatării conduce la stagnări repetate necesare pentru înlăturarea defecţiuniilor apărute, iar lichidarea acestora — în strate subţiri — este foarte anevoioasă. La întreprinderea Ostroj s-a introdus fabricarea unei serii întregi de verigi de îmbinare din oţel marca C, conform prevederilor standardului naţional CSN cu caracteristicile :

— secţiunea 18×64/C; rezistenţa la rupere, 410 kN ;
— secţiunea 22×86/C; rezistenta la rupere, 610 kN ;
— secţiunea 26×92/C; rezistenţa la rupere, 850 kN.

Pentru tăierea cu plugul se fabrică verigi cu diametrul de 26, din oţel de aceeaşi calitate.

Extinderea pe o scară mare a instalaţiilor cu plug a impus şi extinderea lucrărilor de cercetare şi urmărire în faza de exploatare, în vederea aprecierii rezultatelor tehnico-economice obţinute în condiţiile concrete existente în mine. La acestea, într-o mare măsură au contribuit şi lucrătorii minei de cărbuni Staržich. Mina a creat condiţii favorabile pentru experimentarea instalaţiilor şi a asigurat urmărirea şi aprecierea funcţionării acestora. Consultaţiile reciproce dintre lucrătorii minei Staržich, Întreprinderii Ostroj Opava şi Institutului de mine şi metalurgie din Ostrava au permis realizarea unei informări obiective cu privire la diferitele probleme de proiectare şi exploatare a plugurilor pentru tăierea cărbunelui şi, în acelaşi timp, au asigurat datele necesare pentru dirijarea corespunzătoare a lucrărilor de cercetare. Din aprecierea făcută cu privire la exploatarea instalaţiilor cu plug — cu corecturile menţionate — rezultă că instalaţia a fost creată la un nivel tehnic foarte ridicat, iar noile calităţi ale dispozitivului de acţionare a plugului vor contribui, în mare măsură, la creşterea producţiei de cărbune în abatajele dotate cu pluguri.

**Bibliografie**


[1] Minarj, V. Disertaţia de doctor în ştiinţe tehnice, Institutul de mine şi metalurgie, 1987.
[2] * * * Materiale ale firmei Ostroj Opava.
[3] Gondek, G. *Instalaţii cu plug şi construcţia acestora*. Lecţii pentru Institutul de mine şi metalurgie, 1985.


# Asupra prezenţei fluorinei în Munţii Highiş


Geol. **Marioara Drăgilă** şi ing. **N. Dumitrescu**
Întreprinderea metalelor rare


## Generalităţi

Punerea în evidenţă a unor minerale noi, care să aducă o contribuţie la economia ţării a constituit o preocupare deosebită pentru colectivul de geologi şi cercetători de la Întreprinderea metalelor rare.

Cercetările geologice şi mineralogice efectuate au condus, printre altele, şi la evidenţierea unor ocurenţe interesante de fluorină.

Apariţii de fluorină sînt cunoscute în mai multe locuri din ţară, şi anume : în Dobrogea la Somova şi Cîrjelari, pe diaclaze în rocile eruptive, în mineralizaţii pirometasomatice (Moldova Nouă, Oraviţa, Ciclova, Băiţa Bihor), ca mineral de gangă în mineralizaţiile legate de lamprofirele mezozoice (Tulgheş), în mineralizaţii hidrotermale din provincia magmatico-neogenă de la Ilba, Baia Sprie, Cavnic, Deva, Trestia, Stănija, Baia de Arieş, Munţii Ţibleş şi Rodna.

În Munții Highiș, fluorina a fost observată și identificată la microscop în anul 1980 de M. Drăgilă, în granițele cu biotit din valea Șoimuș și apoi în filonașele de cuarț din versantul drept al văii Conop.

În anul 1986, prin lucrările miniere de suprafață (șanțuri, dezveliri), efectuate în bazinul superior al pîrîului Șoimuș Canton, în versantul stîng al văii s-a delimitat o zonă mai bogat mineralizată cu fluorină.

### Descrierea mineralizației

Fluorina din perimetrul Șoimuș Canton se întîlnește în roca-gazdă sub formă de cuiburi, plaje și vinișoare; de obicei, este însoțită de cuarț hidrotermal.

Aparițiile de fluorină sînt legate de prezența unei zone de brecifiere ce afectează corpul granitic, care aflorează în bazinul superior al pîrîului Șoimuș Canton. Această zonă de brecifiere, orientată aproximativ E—V, este paralelă și în imediata apropiere a contactului tectonic, granite-șisturi cristaline.

Grosimea zonei brecifiate este de circa 1,5 m, iar pe direcție a fost urmărită pe 50 m. Zona de brecifiere mineralizată cu fluorină și cuarț afectează atît granitele, cît și rocile filoniene porfirice. Este evident că procesul de mineralizare este posterior punerii în loc atît a granitelor, cît și a rocilor filoniene porfirice.

În zona văii Conop, la sud de pîrîul Huta Mare, pe un mic pîrîu aflorează o suită de filoane de cuarț, asociate uneori cu pirită și fluorină. Aceste filoane sînt, în general, paralele cu falia Conopului. Grosimea lor este variabilă, de la centimetri la decimetri și mai rar pînă la 1 m.

Extinderea pe direcție este, de asemenea, variabilă de la cîțiva metri, la zeci de metri. Fluorina în această zonă s-a observat numai la microscop.

### Descrierea petrografică a rocilor-gazdă

În zonele mineralizate cu fluorină, din masivul Highiș, granitele au cea mai mare răspîndire. Pe alocuri, se mai întîlnesc sienite cuarțifere, diorite cuarțifere și corpuri mici de roci filoniene (porfire cuarțifere, granite porfirice) etc.

Seria de Păiușeni este reprezentată prin șisturi blastopelitice, blastopsamitice, șisturi verzi (metatufuri bazice), care se asociază cu metabazalte, metadiorite, metagabbrouri și, mai rar, cu roci porfiroide; se mai întîlnesc și roci de contact.

Fluorina, în asociație cu cuarțul hidrotermal, este localizată în granite cu biotit și porfire cuarțifere (riolite).

*Granite cu biotit*

Macroscopic, granitele au culoare rozacee sau cenușiu gălbuie și se caracterizează printr-o granulație medie de 1—3 mm; uneori granulația depășește 4 mm. Sînt alcătuite din feldspați și cuarț. Mineralele fenice au frecvență redusă și sînt reprezentate prin cristale mărunte de biotit.

Sub microscop, granitele din zona Șoimuș Canton se caracterizează prin următoarea compoziție mineralogică: feldspați potasici 50—65%; feldspați plagioclazi 8—10%; cuarț 25—35%; biotit 1—5%; muscovit 0—1%; fluorină 0,5%; clorit 0—2%; minerale argiloase circa 1%; zircon sporadic; epidot sporadic; granați sporadic; sfen parțial leucoxenizat, circa 0,5%; minerale opace 0,5—2%.

Feldspații potasici sînt, în general, larg dezvoltați și reprezentați prin microclin sau microclinpertit. Pe alocuri feldspații potasici sînt albitizați și ușor argilizați. Albitul de neoformație apare sub forma unor pete albicioase, maclat fin polisintetic sau prezintă structură în tablă de șah.

Feldspații plagioclazi apar sub formă de fenocristale prismatice alungite, maclați de obicei după legea albitului; sînt sericitizați și, în final, albitizați.

Cuarțul magmatic apare în cristale xenomorfe, larg dezvoltate și ocupă spațiile libere dintre feldspat.

Biotitul se întîlnește în foițe și lamele dispuse neomogen în interstițiile feldspaților. Prin pierderea fierului, biotitul trece uneori în sericit și muscovit.

Structura granitelor este hipidiomorf-grăunțoasă, iar textura — masivă.

Granitele din apropierea zonei mineralizate sînt ușor orientate, iar pe fisuri apar depuneri de fluorină, clorit, minerale argiloase, hidroxizi de fier și minerale opace.

Cuarțul este xenomorf și cu aspect mozaicat. Uneori este alungit și prezintă extincție slab ondulatorie (fig. 1).

În zona mineralizată cu fluorină, granitele sînt cataclazate, brecifiate și silicifiate. Fluo-

Fig. 1. Granit ușor orientat: *1* — feldspați potasici; *2* — cuarț. Mărire 50 × N+.

rina are culoare violacee și apare în cuiburi, plaje și vinișoare, fiind frecvent însoțită de cuarț.

Sub microscop granitele cataclazate au următoarea compoziție mineralogică: cuarț circa 25%; feldspați potasici și plagioclazi circa 32%; cuarț hidrotermal circa 25%; fluorină circa 10%; minerale argiloase circa 5%; clorit circa 1%; sfen leucoxenizat sporadic; hidroxizi de fier circa 1%.

Feldspații și cuarțul au suferit fenomene de zdrobire datorită efectelor mecanice, care au acționat asupra granitelor. Relictele sau porfiroblastele de cuarț și feldspați sînt fisurate și cimentate de un material mărunt cataclastic (de cuarț și feldspați, de cuarț hidrotermal și fluorină) (fig. 2).

Fig. 2. Granit intens cataclazat și mineralizat cu fluorină: *1* — cuarț; *2* — feldspați potasici; *3* — fluorină. Mărire 50 × N+.

*Porfire cuarțifere (riolite)*

Aceste roci apar în zona Șoimuș Canton. Macroscopic au culoare cenușiu-gălbuie și sînt constituite din fenocristale de cuarț, prinse într-o masă fundamentală cuarțo-feldspatică.

Porfirele cuarțifere sînt fisurate, iar pe fisuri apar depuneri de cuarț și fluorină.

În compoziția mineralogică participă: fenocristale de cuarț circa 5%; fenocristale de feldspați potasici circa 2%; cuarț hidrotermal circa 30%; fluorină circa 15%; biotit circa 2%; clorit sporadic; minerale argiloase circa 4%; sfen leucoxenizat circa 0,5%; hidroxizi de fier circa 1%; masă fundamentală circa 40% (fig. 3).

Cuarțul apare în cristale larg dezvoltate, uneori alungite și corodate de magmă; conține în masa lui și feldspați potasici.

Feldspații potasici au dimensiuni reduse și sînt reprezentați prin microclinpertit albitizat.

Cuarțul hidrotermal, în cristale alungite, se asociază cu fluorina și, împreună, formează cuiburi și vinișoare.

Masa fundamentală este microgrăunțoasă, pe alocuri ușor orientată și constituită din feldspați potasici, în parte albitizați, cuarț, feldspați, plagioclazi, biotit.

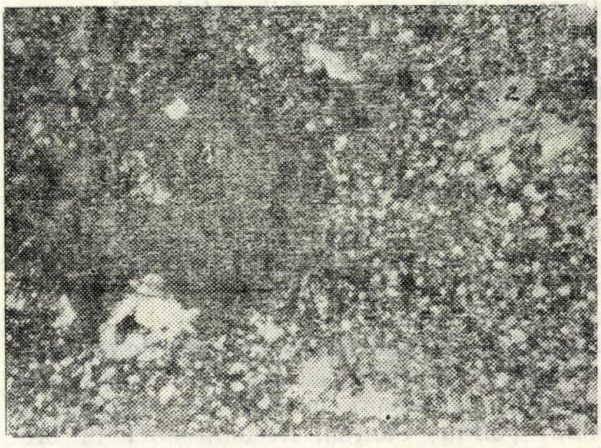


Fig. 3. Porfir cuarțifer (riolit): *1* — fenocristale de cuarț; *2* — feldspați potasici; *3* — masă de bază. Mărire 50 × N+.

**Descrierea macro- și microscopică a mineralelor**

Macroscopic, fluorina se observă numai în zona Șoimuș Canton. Se asociază, de obicei, cu cuarțul hidrotermal și împreună formează în roca-gazdă cuiburi, plaje sau vinișoare. Culoarea fluorinei este violacee.

Sub microscop, în lumină transmisă, mineralizația este constituită din cuarț hidrotermal 25—30%; fluorină 2—15%; minerale argiloase 1—4%; clorit sporadic 1%; hidroxizi de fier circa 1%; minerale opace 0,5—2%; rocă-gazdă 50—80%.

În zona văii Conop, fluorina nu se observă macroscopic. În general, filoanele sînt alcătuite preponderent din cuarț cenușiu deschis, larg cristalizat și în masa căruia apar geode tapisate cu pirită.

Sub microscop, compoziția mineralogică este următoarea: cuarț circa 90%; fluorină circa 1%; brucit 0,5—3%; hidromagnezit circa 3%; feldspați circa 4%; biotit sporadic 1%; sericit 0,5—2%; hidroxizi de fier 1—2%; minerale opace 0,5—2% (pirită).

*Fluorina* ($CaF_2$) se prezintă în cristale cubice larg dezvoltate sau plaje asociate cu cuarțul hidrotermal (fig. 4).

Se întîlnește și în granule allotriomorfe, dispuse în zonele de zdrobire ale rocii-gazdă. De obicei, fluorina, împreună cu cuarțul, formează cuiburi și vinișoare în roca-gazdă (fig. 5). Uneori fluorina mulează sau înglobează cuarțul.

Dimensiunile fluorinei sînt cuprinse între 0,02 și 0,50 mm; uneori depășesc 2 mm.

În lumină transmisă, culoarea fluorinei este ușor violacee, pe alocuri este violet mai intens. Prezintă două direcții de clivaj. Relieful este negativ. Cu nicoli încrucișați este izotropă.

Fig. 4. Fluorină *1* în asociație cu cuarț hidrotermal *2*. Mărire 50 × N +.

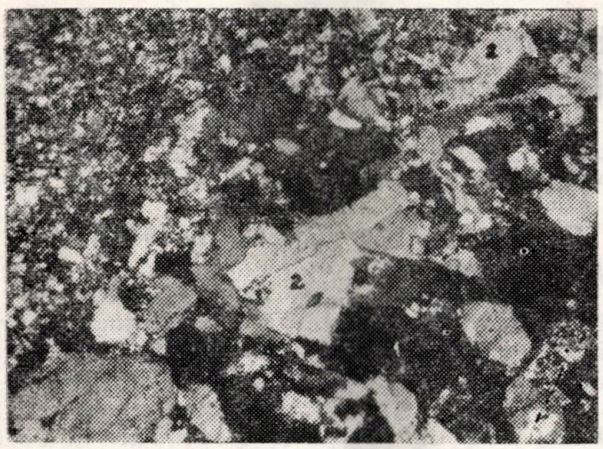



Fig. 5. Cuiburi de fluorină *1* și cuarț *2* dispuse în masa porfirului cuarțifer *3*. Mărire 50 × N+.

Fluorina din zona văii Conop este incoloră, granulară și ocupă spațiile libere din masa cuarțului (fig. 6).

Uneori fluorina este fisurată și străbătută pe fisuri de minerale argiloase.

*Cuarțul* ($SiO_2$) se prezintă în cristale alungite, limpezi, dispuse în cuiburi și vinișoare. Se asociază cu fluorina. Substituie și silicifiază roca-gazdă.

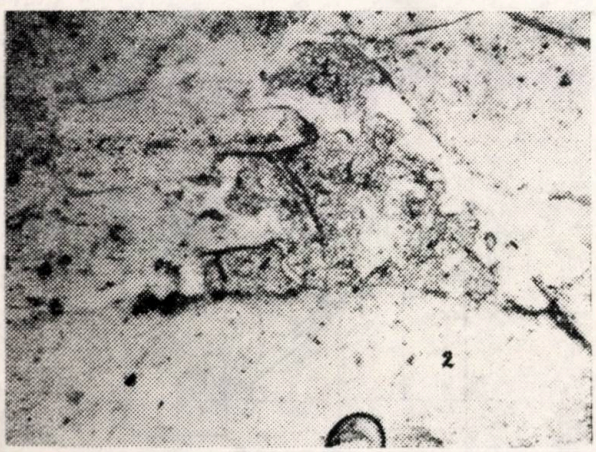



Fig. 6. Depuneri de fluorină *1* în masa cuarțului hidrotermal *2*. Mărire 70 × N +.

*Brucitul* ($Mg(OH)_2$) se întîlnește în agregate foioase sau scămoase, mai rar prezintă habitus tubular. Este incolor, are extincție dreaptă și clivaj perfect (fig. 7). Bordează fluorina. Birefringența este moderată.

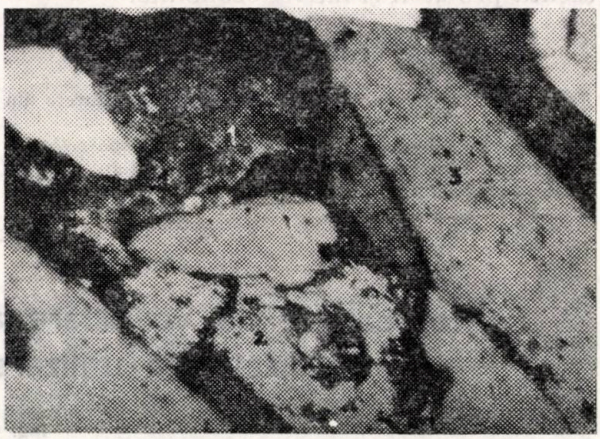



Fig. 7. Depuneri de brucit *1* și hidromagnezit *2* în masa cuarțului *3*. Mărire 70 × N+.

*Hidromagnezitul* ($Mg_4(CO_3)_3(OH)_2 3H_2O$) apare în granule cu marginile zimțate , ușor fibroase. Se întîlnește și în cristale cu contururi parțial romboedrice. Se formează pe seama brucitului, prin substituție metasomatică (fig. 7).

*Pirita* ($FeS_2$) apare ca incluziuni fine în masa fluorinei sau a rocii-gazdă. Se prezintă și în cristale cu contururi idiomorfe și hipidiomorfe, în golurile sau geodele cuarțului hidrotermal.

Asupra fluorinei s-a efectuat și o analiză chimică pentru CaO și $SiO_2$ pe concentrate pure, care indică : CaO = 70,49% și $SiO_2$ = 0,25 %. Din calcul rezultă că fluorina conține 50,35% Ca și 47,99% F.

Analiza chimică pentru $Y_2O_3$ arată un conținut de 0,017 %.

## Concluzii

Fluorina din Munții Highiș este localizată în granite și uneori în porfire cuarțifere (riolite). S-a întîlnit pe valea Șoimuș, apoi în versantul drept al văii Conop și în bazinul superior al pîrîului Șoimuș Canton.

Fluorina se asociază cu cuarțul hidrotermal și împreună formează în roca-gazdă cuiburi, plaje și vinișoare. În masa cuarțului se mai observă cristale de pirită, carbonați, brucit etc.

În perimetrul Șoimuș Canton, fluorina are dezvoltare mai mare și se concentrează într-o zonă de brecifiere, fracturare. Grosimea zonei brecifiate și mineralizate cu fluorină este de circa 1,5 m, iar pe direcție a fost urmărită pe 50 m.

Din punct de vedere genetic, fluorina este de origine hidrotermală, de temperatură medie, fiind legată de intruziunile granitice.

Această mineralizație, întîlnită în Munții Highiș, prezintă interes mineralogic științific. Cercetată în continuare cu lucrări geologice și miniere pe direcție și mai ales în adîncime va prezenta probabil și interes economic.

**Bibliografie**


[1] Betehtin, A. G. *Curs de mineralogie.* Traducere din limba rusă. Ed. tehnică, București, 1953.

[2] Drăgilă Marioara *Observații mineralogo-petrografice asupra mineralizației în zona văii Conop.* Capitol inclus în Raportul geologic Masivul Highiș 1980. Arhiva I.M.R.

[3] Drăgilă Marioara *Observații microscopice în zona valea Jernova—valea Șoimuș.* Capitol inclus în Raportul geologic Masivul Highiș—Drocea 1986. Arhiva I.M.R.

[4] Giușca, D. *Masivul cristalin al Highișului.* St. și cercet. geol. geofiz. Seria geologie, Tom 24, 1979, pag. 15—43.

[5] Ianovici, V., Stiopol Victoria, Constantinescu, E. *Mineralogie.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1979.

[6] Petrulian, N. *Zăcăminte de minerale utile.* Ed. tehnică, București, 1973.

[7] Rădulescu, D., Dumitrescu, R. *Mineralogia topografică a României.* Ed. Academiei R.S.R., 1966.

[8] Tatarinov, P. *Condițiile de formare a zăcămintelor de minereuri metalifere și nemetalifere.* Traducere din limba rusă. Ed. tehnică, București, 1967.


# Metodologie de verificare a stabilității cilindrilor hidraulici telescopici prin utilizarea calculatorului electronic


Ing. **C. Cristescu**
I.C.S.I.T.P.S.C.M. București


## I. Generalități

Cilindrii hidraulici telescopici au o largă utilizare în industria constructoare de mașini, forma lor constructivă variind foarte mult.

În unele situații de utilizare, aceștia realizează forțe și curse foarte mari, impunîndu-se o verificare atentă a stabilității lor.

Deoarece problema stabilității cilindrilor hidraulici telescopici este deosebit de importantă în direcția optimizării proiectării acestora, s-a analizat [1 ; 2] un număr de cazuri practic posibile, stabilind relații de calcul și de verificare a stabilității, tot aici fiind descrise și programele de calcul realizate pentru fiecare caz în parte.

## II. Obiectul lucrării

În cele ce urmează ne propunem să urmărim pe un caz practic, real, solicitarea unui cilindru hidraulic telescopic, în timpul rabaterii unui mast dintr-o instalație transportabilă de foraj și să analizăm stabilitatea acestuia. Propunem, în continuare, o metodologie de verificare a stabilității cilindrilor hidraulici telescopici, de la stabilirea condițiilor de lucru în diferite faze ale telescopării, alegerea programelor de calcul și pregătirea datelor de intrare, rularea programelor, interpretarea rezultatelor furnizate de calculator pînă la trasarea diagramei de variație a coeficienților de siguranță la flambaj. Menționăm că în lucrarea de față nu se tratează problema proiectării cilindrilor hidraulici telescopici, ci numai verificarea stabilității acestora.

## III. Metodele de verificare a stabilității cilindrilor telescopici

Vom ilustra toate fazele parcurse în metodologia de verificare a stabilității cilindrilor hidraulici telescopici, analizînd un exemplu practic, real. În acest sens, vom considera o instalație de foraj transportabilă, al cărui mast este rabătut în și din poziția de funcționare de doi cilindri hidraulici telescopici, montați în paralel, amplasați simetric față de axa șasiului instalației, încît într-o vedere laterală se suprapun, așa cum se vede în figura 1. Se cunosc următoarele date :

— greutatea maximă a mastului (neextins), $G_t = 19\,793$ daN ;

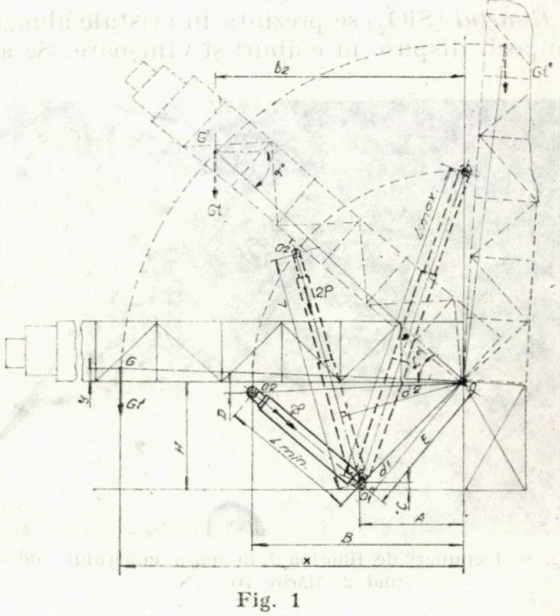



Fig. 1

— poziția centrului de greutate al mastului $G$ și coordonatele $X$ și $Y$ ale acestuia, față de punctul $O$ de articulație a mastului;

— pozițiile punctelor de articulație a cilindrilor hidraulici $O_1$ și $O_2$; în cazul analizat, avem: $A = 1\,650$ mm; $B = 3\,480$ mm; $C = 110$ mm; $D = 200$ mm; $E = 2\,305$ mm; $H = 1\,720$ mm; $X = 10\,412$ mm; $Y = 564$ mm;

— toate diametrele, interioare și exterioare, ale cilindrului hidraulic analizat, fapt ce permite calcularea momentelor de inerție $I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$, mărimi care, împreună cu lungimile tronsoanelor de rigiditate constantă $L_1$, $L_2$, $L_3$, $L_4$, pentru cazul analizat, sînt date în tabelul 1;

*Tabelul 1*

| Poziția Nr. | Poziția α° | Lungimile tronsoanelor [cm] L1 | L2 | L3 | L4 | Momentele de inerție [cm] I1 | I2 | I3 | I4 | Lungimea totală [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,10° | 197,9 | 33,1 | — | — | 9039 | 629 | — | — | 2310 |
| 2 | 15,63° | 61,3 | 136,6 | 50,3 | 33,1 | 5261 | 9039 | 3778 | 629 | 2813 |
| 3 | 28,62° | 112,6 | 85,3 | 101,6 | 33,1 | 5261 | 9039 | 3778 | 629 | 3326 |
| 4 | 42,33° | 197,9 | 152,9 | 33,1 | — | 5261 | 3778 | 629 | — | 3839 |
| 5 | 53,80° | 197,9 | 4,0 | 148,9 | 72,1 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 4229 |
| 6 | 58,76° | 197,9 | 17,0 | 135,9 | 85,1 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 4359 |
| 7 | 61,72° | 197,9 | 30,0 | 122,9 | 98,1 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 4489 |
| 8 | 66,04° | 197,9 | 43,0 | 109,9 | 111,1 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 4619 |
| 9 | 73,21° | 197,9 | 63,3 | 89,6 | 131,4 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 4822 |
| 10 | 81,08° | 197,9 | 83,6 | 69,3 | 151,7 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 5025 |
| 11 | 90,00° | 197,9 | 103,9 | 49,0 | 172,0 | 5261 | 3149 | 3778 | 629 | 5228 |
| 12 | 96,93° | 197,9 | 152,7 | 185,8 | — | 5261 | 3149 | 629 | — | 5366 |

— lungimile maxime și minime ale cilindrului telescopic (fig. 2), precum și cursele pe care acesta le realizează: $L_{min} = 2\,310$ mm, $L_{max} = 5\,366$ mm, $S_1 = 1\,531$ mm, $S_2 = 1\,560$ mm.

Cunoscînd valorile mărimilor enumerate mai sus, se pot calcula, cu relații simple, segmentele: $OO_1$, $OO_2$ și $OG$, după care problema se dezvoltă în patru etape, și anume.

În prima etapă, se analizează procesul de telescopare propriu-zisă a cilindrului hidraulic, în timpul rabaterii mastului, după cum urmează:

— pornind de la lungimea minimă, se extinde treptat cilindrul hidraulic, în mai multe faze pe fiecare cursă, „filmul" telescopării fiind redat în tabelul 2;

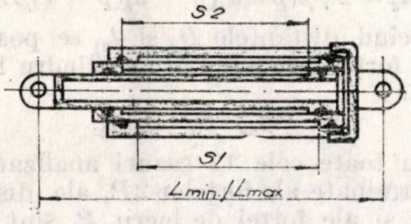



Fig. 2

— se calculează precis lungimile de rigiditați constatate;

— se calculează momentele de inerție $I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$, pe fiecare treaptă, pentru fiecare fază în parte;

*Tabelul 2*

| Nr. crt. | Faza telescopării | Programul de calcul |
|---|---|---|
| 1 | 2310 | FLAMRID 2 |
| 2 | 2813 | FLAMRID 4 |
| 3 | 3326 | FLAMRID 4 |
| 4 | 3839 | FLAMRID 3 |
| 5 | 4229 | FLAMRID 4 |
| 6 | 4359 | FLAMRID 4 |
| 7 | 4489 | FLAMRID 4 |
| 8 | 4619 | FLAMRID 4 |
| 9 | 4822 | FLAMRID 4 |
| 10 | 5025 | FLAMRID 4 |
| 11 | 5228 | FLAMRID 4 |
| 12 | 5366 | FLAMRID 3 |

— se asimilează fiecare formă de telescopare cu rigidități diferite pe lungimi diferite, cu un model matematic identic ca număr de trepte de rigiditate diferite, analizat [1; 2];

— se stabilesc programele de calcul utilizate (FLAMRID 2, FLAMRID 3 sau FLAMRID 4), în funcție de numărul de trepte de rigiditate constantă;

— se stabilesc datele de intrare pentru rularea programelor de calcul, pentru fiecare caz analizat.

Observație: în analiza procesului de telescopare, se vor avea în vedere, în mod special, fazele de interes deosebit, cum sînt:

— fazele în care începe telescoparea;

— fazele în care se termină telescoparea;

— faza în care centrul de greutate al mastului se află pe verticala articulației sale, cînd în cilindru nu apare reacțiune;

*Tabelul 3*

| Poziția Nr. | Poziția α° | D2 [mm] | d2 [mm] | 2P [daN] | Pf [daN] | P [daN] | csf |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,10° | 10.412 | 2.282 | 90.308 | 2.317.061 | 45.154 | 51,3 |
| 2 | 15,63° | 10.041 | 2.297 | 86.525 | 1.540.306 | 43.261 | 35,6 |
| 3 | 28,62° | 9.161 | 2.215 | 81.787 | 962.560 | 40.890 | 23,5 |
| 4 | 42,33° | 7.707 | 2.062 | 73.988 | 600.824 | 36.989 | 16,2 |
| 5 | 53,60° | 6.187 | 1.899 | 64.492 | 376.425 | 32.243 | 11,6 |
| 6 | 58,76° | 5.408 | 1.831 | 58.464 | 321.647 | 29.232 | 11,00 |
| 7 | 61,72° | 4.939 | 1.765 | 55.398 | 267.955 | 27.699 | 9,674 |
| 8 | 66,04° | 4.234 | 1.686 | 49.648 | 228.305 | 24.823 | 9,197 |
| 9 | 73,21° | 3.012 | 1.554 | 38.349 | 180.443 | 19.175 | 9,410 |
| 10 | 81,08° | 1.616 | 1.398 | 22.864 | 146.167 | 11.432 | 12,785 |
| 11 | 90,00° | 0 | — | 0 | 121.061 | 0 | ∞ |
| 12 | 96,93° | 1.269 | 1.061 | (-23.486) | 106.357 | (-11.743) | — |

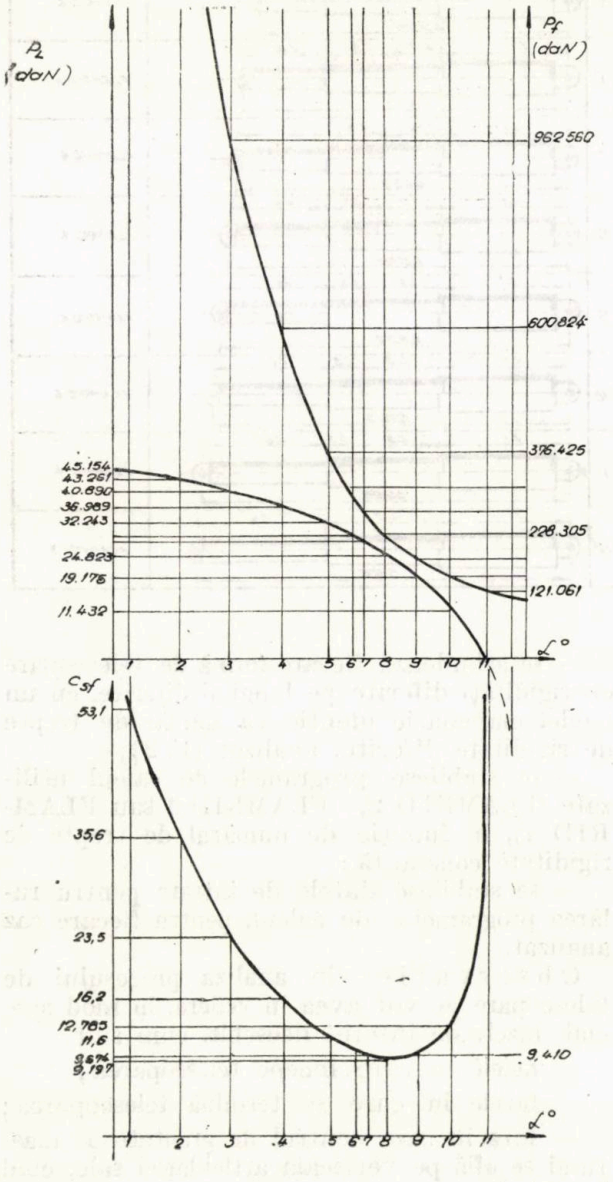



Fig. 3

— **faza în care se termină prima cursă de telescopare;**

— alte faze intermediare, în special în zona critică, pentru a depista, într-adevăr, situația cea mai dezavantajoasă.

Pentru cazul analizat, s-au studiat 12 faze, în tabelul 2 fiind date și programele de calcul utilizate pentru fiecare caz în parte.

Pentru fiecare fază a telescopării, poziția mastului este dată de unghiul $\alpha$ dintre axa $OG'$ (care unește punctul de articulație al mastului cu centrul său de greutate) și orizontală.

În e t a p a a d o u a, se procedează la calculul forțelor de lucru care solicită cilindrul hidraulic telescopic, pentru fiecare fază în parte:

— se consideră o poziție intermediară a mastului, în care punctul $O_2$ a ajuns în punctul $O_2'$, iar centrul de greutate $G$ al mastului ajunge în punctul $G'$. Se notează distanța de la articulația $O$ a mastului, la direcția forței de greutate $G_t$, cu $D_2$ iar distanța de la $O$ la axa cilindrului hidraulic cu $d_2$;

— se determină forțele de reacțiune $2P$, care se dezvoltă asupra celor doi cilindri hidraulici telescopici montați în paralel, datorate forței de greutate $G_t$ care tinde să rotească mastul în jurul punctului $O$, scriind ecuația de echilibru a forțelor în raport cu punctul $O$, și anume: $2P \cdot d_2 = G_t \cdot D_2$. Deci putem scrie că reacțiunea pe cei doi cilindri este:

$$2P = G_t \cdot D_2/d_2.$$

Din figura 1 se observă că $D_2$ este proiecția pe orizontală a dreptei $OG$, deci $D_2 = OG' \cdot \cos \alpha$. (1)

Distanța $d_2$ se calculează observînd că ea este înălțime în triunghiul $OO_1O_2'$, baza fiind $O_1O_2' = L$, adică lungimea $L$ între articulații a cilindrului hidraulic telescopic.

Scriind că aria triunghiului este, pe de o parte, semiprodusul dintre baza $L$ și înălțimea $d_2$, iar, pe de altă parte, aria se mai poate calcula cu expresia:

$$A = \sqrt{p\,(p-a)(p-b)\,(p-c)},$$

unde $a, b, c$ sînt laturile triunghiului, iar $p$ este semiperimetrul, putem scrie că:

$$A = L \cdot d_2/2 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}. \quad (2)$$

Distanța $d_2$ devine:

$$d_2 = 2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}/L. \quad (3)$$

Cunoscînd distanțele $D_2$ și $d_2$, se poate scrie expresia forței care solicită un cilindru hidraulic telescopic:

$$P = 0{,}5 \cdot G_t \cdot D_2/d_2. \quad (4)$$

Pentru toate cele 12 cazuri analizate, valorile determinate ale forțelor $2P$, ale distanțelor $D_2$ și $d_2$ și ale forței de lucru $P$, sînt date în tabelul 3.

În etapa a treia, pe baza datelor cunoscute : $L_1, L_2, L_3, L_4$ și $I_1, I_2, I_3, I_4$, din tabelul 1, și forței, de lucru $P$, din tabelul 3, precum și a programelor de calcul indicate în tabelul 2, se trece efectiv la rularea pe un calculator FELIX C—256 a programelor de calcul menționate.

Se obțin, la imprimantă, forțele critice de flambaj $P_f$, precum și coeficienții de siguranță la flambaj, pentru fiecare caz în parte, așa cum se vede în tabelul 3 și în figura 3*a*.

În etapa a patra, se trece la reprezentarea grafică a curbei de variație a coeficientului de siguranță la flambaj $C_{sf}$, care este raportul dintre forța critică de flambaj $P_f$ și forța de lucru $P$. Trasarea curbei de variație a coeficientului de siguranță la flambaj în timpul rabaterii mastului reprezintă esența acestei metodologii de verificare a stabilității cilindrilor hidraulici telescopici.

Analiza și interpretarea acestei curbe (fig. 3*b*) relevă rezultate foarte importante în direcția optimizării proiectării cilindrilor hidraulici telescopici. Astfel, din modul de variație a acestei curbe, se poate determina unghiul critic al mastului, la care ar putea apărea posibilitatea pierderii stabilității cilindrului hidraulic telescopic și care la exemplul analizat este:

$$\alpha_{critic} = 66°.$$

Din analiza variației coeficientului de siguranță la flambaj, se pot lua măsuri de reproiectare a cilindrului hidraulic telescopic studiat, în scopul obținerii unor secțiuni optime, în vederea lucrului în deplină siguranță, în afara pericolului pierderii stabilității. Metoda propusă oferă tocmai această posibilitate tehnică.

## Concluzii

În lucrare se propune o metodologie de verificare a stabilității cilindrilor hidraulici telescopici, etapele acesteia fiind evidențiate pe un exemplu practic. În final se indică direcții de optimizare a proiectării cilindrilor hidraulici telescopici, motiv pentru care lucrarea are o deosebită eficiență în practica de proiectare

### Bibliografie


[1] Cristescu, C. *Considerațiuni asupra flambajului ridicătorilor hidraulici telescopici folosiți în instalațiile de foraj și intervenție transportabile.* Mine, Petrol și Gaze, vol. 36, nr. 4, 1985.

[2] Cristescu, C. *Stabilitatea cricurilor hidraulice și mecanice utilizate în instalațiile de foraj și intervenție transportabile.* Mine, Petrol și Gaze, vol. 36, nr. 8, 1985.

[3] Posea, N. *Rezistența materialelor.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1979.

[4] Posea, N. ș.a. *Rezistența materialelor. Probleme.* Ed. științifică și enciclopedică, București, 1986.


---

# Tensometria electrorezistivă a stării de tensiuni mecanice în teurile de mari dimensiuni presurizate hidraulic la interior


Prof. dr. ing. **A. Pavel**
cercet. ing. **M. Kulin**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


În cadrul programului amplu de cercetare fundamentală și aplicativă, analitică și experimentală, vizînd — în principal — ameliorarea sensibilă a securității tehnice pentru componentele de bază ale instalațiilor tehnologice și termomecanice, la laboratoarele de exploatarea, fiabilitatea și mentenanța aparaturii tehnologice-petrochimice (EFM-ATP) ale Institutului de Petrol și Gaze Ploiești (Facultatea de utilaje și tehnologie petrolieră) s-a efectuat testarea pe stand, în circumstanțe de presurizare hidraulică interioară statică, a două teuri industriale pentru conducte Dn 250, starea corespunzătoare de tensiuni mecanice evaluîndu-se prin tensometrie electrorezistivă. Planurile de tensometrare s-au elaborat avîndu-se în vedere analiza aceleiași stări de tensiuni mecanice și prin simularea pe calculator, valorificîndu-se, pentru aceasta, disponibilitățile metodei elementului finit. Presurizarea hidraulică (cu apă) statică s-a efectuat în următoarea succesiune de trepte (în bar) : 0 ; 20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 ; 80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 0.

Primul teu, în execuție forjată, s-a integrat în modelul experimental care este schițat în figura 1, apoi s-a presurizat static ($p \leqslant 100$ bar) în circumstanțele de laborator (fig. 4 *a*), tensometrîndu-se în mod corespunzător (53 de puncte → $6 \times 2TTR + 47 \times 3TTR = 150TTR$, aici TTR fiind traductorii tensometrici electrorezistivi) și, în final, s-a presurizat pînă la distrugere ($p_d = 260$ bar) în circumstanțe industriale, pe un stand improvizat (fig. 5 *a*).

Al doilea teu, realizat cu ramificație sudată și inel de consolidare (guler de întărire), denu-

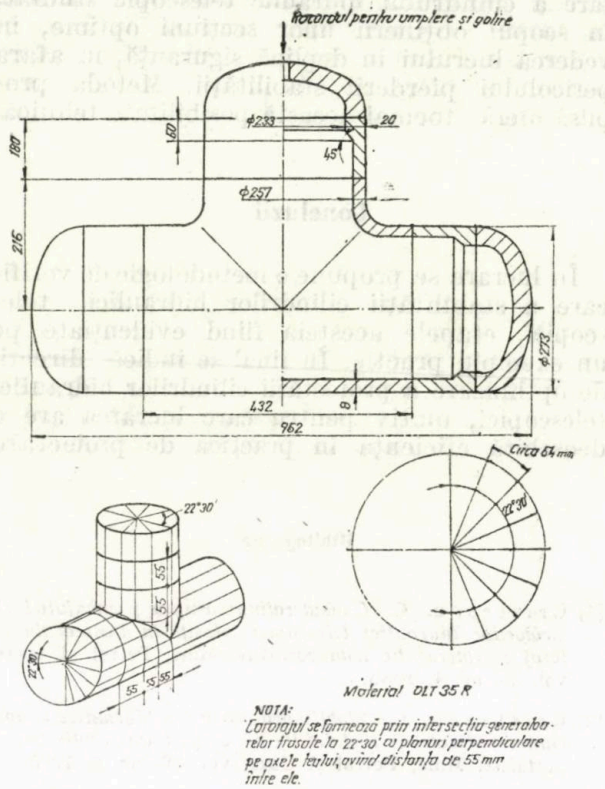



Fig. 1

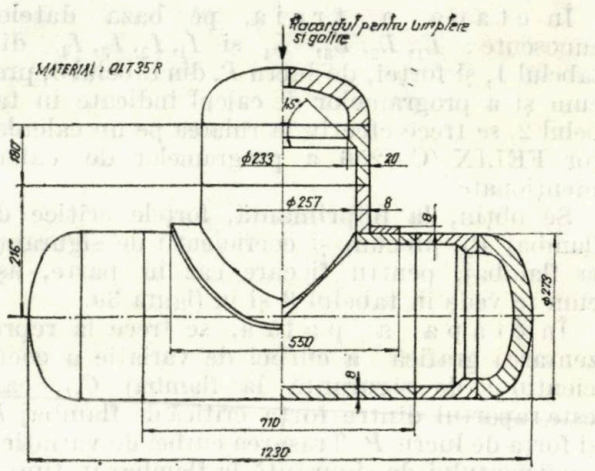



Fig. 2

mit uzual teu cu înțepare directă consolidată, s-a integrat în modelul experimental redat în figura 2, pe acestea transpunîndu-se planul de tensometrare ilustrat — exemplificativ și indicativ — în figura 3 (45 de puncte → $20 \times 2TTR = 40TTR + 25 \times 3TTR = 75TTR = 115TTR$). Și de această dată, tensometrarea s-a efectuat pentru regimul presurizării hidraulice interioare statice ($p \leqslant 100$ bar) în circumstanțe de laborator (fig. 4 *b*), ulterior trecîndu-se la presurizarea pînă la distrugere ($p_d = 290$ bar), în

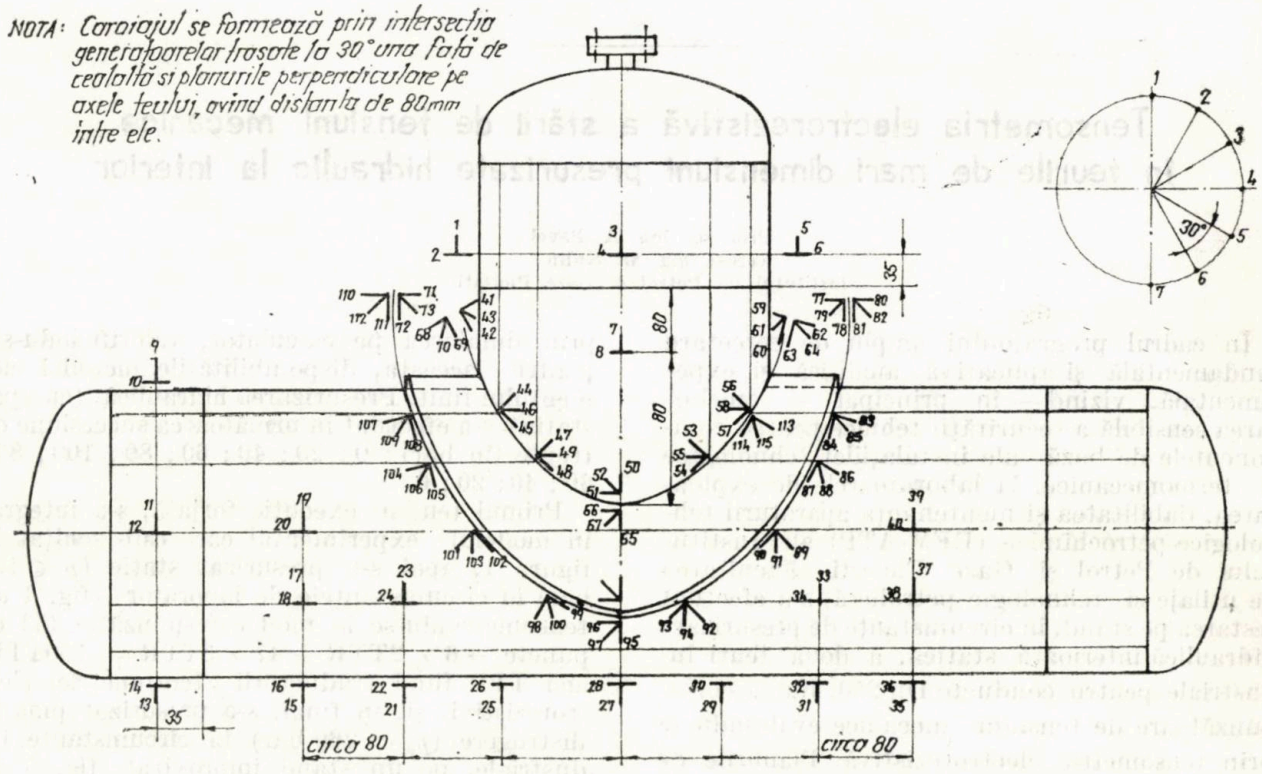
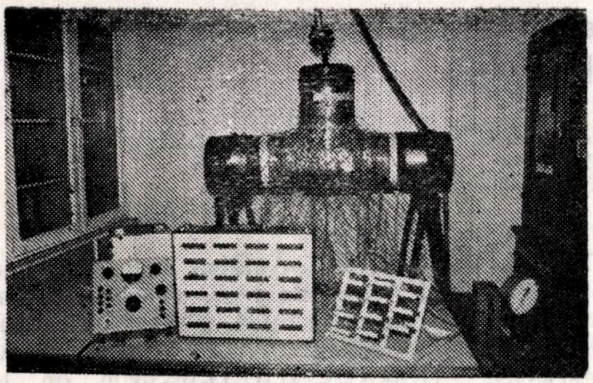
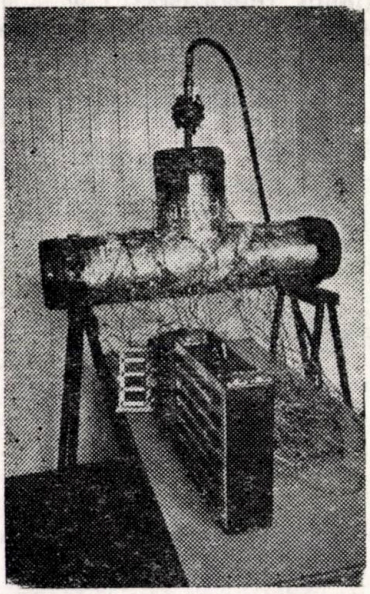



Fig. 3



*a)*



*b)*

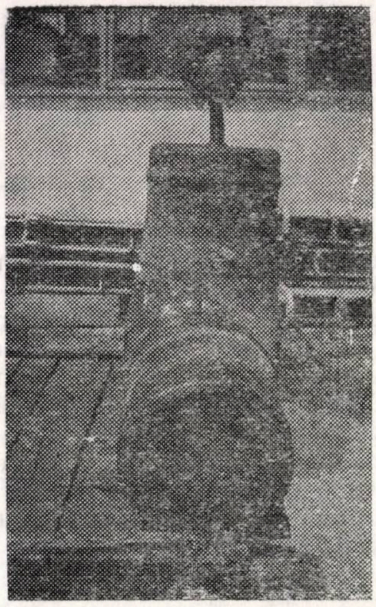
Fig. 4

condiţiile industriale ale standului improvizat (fig. 5 *b*).

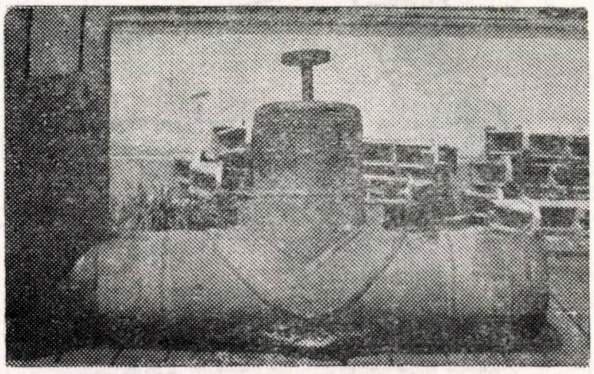
Stadiul prezent al cercetărilor este următorul :

— se prelucrează şi se interpretează rezultatele obţinute atît prin metoda tensometriei electrorezistive, cît şi prin testările distructive ;

— se elaborează sau se definitivează simularea pe calculator a stărilor de tensiuni mecanice prin metoda elementului finit, respectiv prin metoda elementului de frontieră ;



*a)*



*b)*

Fig. 5

— se pregăteşte cel de-al treilea model experimental, cu teu, avînd înţepare directă şi fiind neconsolidat cu inel (guler) ;

— se fac tentative privind elaborarea unei fundamentări analitice a metodelor corespunzătoare de calcule, eventual simplificate, potrivit cerinţelor implicate de productivitatea activităţii inginereşti de proiectare tehnică.

Evident, concluzii finale utile şi, probabil, inedite sînt posibile în perioada imediat următoare.

# Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a mediului solid din structura Mitrofani

Prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**
şef lucr. ing. **I. Nistor**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

În horstul paleozoic[12] Iancu Jianu—Mitrofani, doggerul conţine importante zăcăminte de hidrocarburi fluide în structurile Mitrofani şi Iancu Jianu (fig. 1). Particularităţile fizico-chimice sub care se află zăcămintele de hidrocarburi fluide în aceste două structuri ne-au îndemnat să cercetăm în amănunt şi microstructural zăcămintele din dogger; în lucrare va fi prezentat mediul solid din structura Mitrofani, aflîndu-ne în posesia unui număr însemnat de carote (tab. 1).

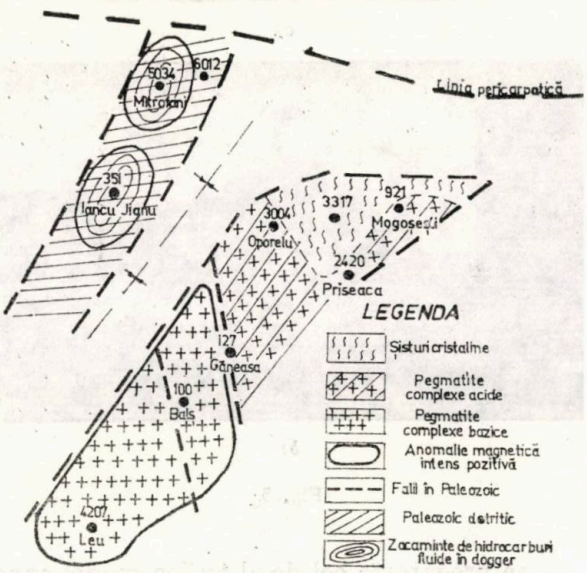



Fig. 1. Schiţa batolitului Leu—Balş—Mogoşeşti şi zona Iancu Jianu—Mitrofani.

Prezentarea începe cu sarmaţianul de sub linia pericarpatică (fig. 1; 2 şi 3). Proba analizată este o marnă, aşa cum ilustrează analiza roentgenostructurală (difractograma *1* din fig. 4) şi analiza chimico-spectrală de emisie (tab. 1). Predominantă în probă este structura mixtă de interstratificaţie ordonată illit-clorit-montmorillonit (9,97; 3,34 Å), secundată de clorit (7 şi 3,53 Å), prezente fiind şi structurile de tip montmorillonit (7,98 şi 16,4 Å), precum şi calcitul (3,03 Å) şi phillipsitul (3,18 Å). Analiza chimico-spectrală (proba *1* din tab. 1) pune în evidenţă participarea elementelor chimice U, Ta, Nb, Y, Fe, Ti ş.a., atrăgînd atenţia asupra prezenţei unor minerale radioactive şi, în adevăr, pikurile de la 3,1; 2,92 şi 2,58 Å pun în evidenţă mineralul radioactiv samarskit (YUFe), $(NbTaTi)_2O_4$. Analiza mai atentă a difractogramei *1* mai sugerează şi participarea, este drept în proporţie mică, a reţelelor cristaline: $ThSiO_4$-pikurile de la 4,58; 3,53 şi 2,65 Å, $Mg(UO_2)_2$ $[(PAs)O_4]_2 \cdot 10H_2O$-pikurile de la 5,01; 3,53 şi 9,94 Å, $SrOSiO_2 \cdot H_2O$-pikurile de la 4,26; 3,27 şi 2,96 Å.

Sarmaţianul repauzează (fig. 2 şi 3) discordant peste cretacic, din care se analizează microstructural o marnă albiană (tab. 1) care are

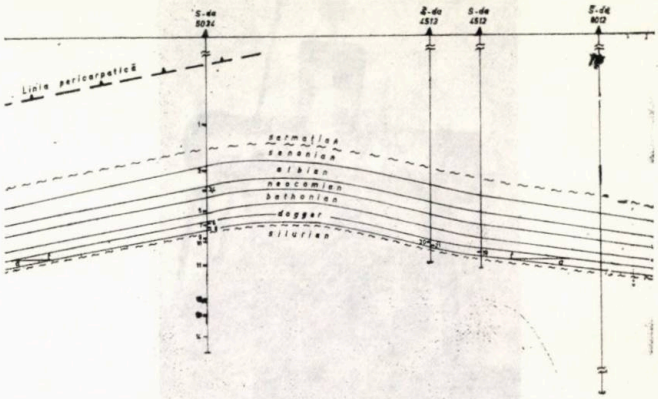



Fig. 2. Secţiune geologică longitudinală prin structura Mitrofani.

în compoziţie, după cum indică difractograma *2* de raze X (fig 4), calcit (3,03 Å), interstratificarea illit-clorit-montmorillonit (36,2 şi 3,34 Å), montmorillonite (12,2 şi 17,2 Å), clorite (14,2 Å). Proba se particularizează prin participarea

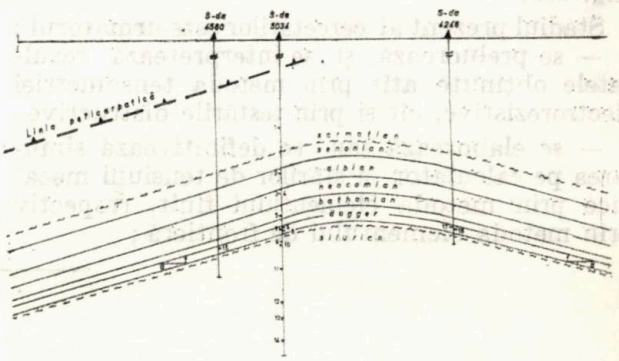



Fig. 3. Secţiune geologică transversală prin sctructura Mitrofani.

stronţioboritului (7,4; 4,09; 3,52 Å), atestat şi de analiza chimico-spectrală, prin cea a epistolitului (6,11; 4,34; 2,72 Å) şi el susţinut de

| SONDA | Adîncimea -m- | ETAJ GEOLOGIC | LITOLOGIA | Li | Be | B | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | As | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Ru | Rh | Cd | In | Sn | Te | Cs | Ba | La | Ce | Nd | Sm | Eu | Gd | Er | Yb | Lu | Hf | Ta | W | Re | Os | Pb | Th | U | Pr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 32326 | 31304 | 24977 | 3303 | 29155 | 30501 | 25771 | 25356 | 3217 | 3181,3 | 3242 | 3185,4 | 3014,9 | 29331 | 29904 | 34051 | 30508 | 32475 | 32823 | 21436 | 23498 | 42018 | 34645 | 43749 | 34382 | 31308 | 31703 | 4460 | 33968 | 29806 | 4511,3 | 2840 | 23858 | 45554 | 30715 | 37135 | 44602 | 44666 | 38824 | 36984 | 43271 | 33124 | 3988 | 46186 | 30729 | 29335 | 46599 | 36605 | 32321 | 26142 | 43911 | 43621 | 39084 |
| | | | | | | | | | P | | A | | R | | A | | M | | E | | T | | R | | U | | L | | | | S | | P | | E | | C | | T | | R | | A | | L | | | | $I_1$ - $I_f$ | | | | | | | |
| | 3571 | sarmaţian | marna | - | - | 12,3 | 5,9 | 3 | 12,2 | 4,4 | 15,8 | 3,5 | 14,8 | 17,8 | 7 | 2 | 14,8 | 2,8 | 1,2 | 1 | 15,9 | 4,7 | 4,9 | 0,7 | 4,3 | 1,3 | 2,4 | 1 | 3,8 | - | 5,4 | 0,6 | 0,9 | 2,3 | 1,1 | - | 5,7 | - | 3,7 | 3,8 | - | - | 3,2 | 3,4 | - | 2,2 | 1 | 14,5 | 1,2 | 0,6 | 5,4 | 5,7 | 0,9 | 1,2 | 1 | - |
| | 3869 | albian | marna | - | - | 7,7 | 3,5 | 1,4 | 11,1 | 2,2 | 15,5 | 10,2 | 19,6 | 15,6 | 9,5 | 1,9 | 7 | 2,6 | 1,4 | 1,9 | 15,3 | 3,4 | 3,6 | - | 1,7 | 4,8 | 3,7 | 0,6 | 2,8 | - | 4 | 0,6 | 0,9 | 1,5 | - | - | 4,4 | 8,1 | 2,5 | 0,5 | 0,9 | - | 2,5 | 2,1 | 0,4 | 1,4 | 0,5 | 13,4 | 1,4 | 0,5 | 1,2 | 5 | - | 1,7 | 0,8 | - |
| | 4002 | neocomian | calcar | - | - | 5,1 | 2,3 | 1,4 | 8,7 | 0,6 | 15,3 | 7,4 | 18,4 | 15,5 | 10,6 | 1,5 | 6,7 | 2,2 | 1,5 | 1,5 | 12,3 | 2,2 | 2,3 | - | 0,5 | 5,2 | 1,5 | 0,7 | 2,3 | - | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 1 | - | - | 4,6 | 7,7 | 3,4 | 0,5 | 0,6 | - | 2,6 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 11,4 | 1,2 | 0,8 | 1,3 | 3,7 | - | 1,4 | 0,5 | - |
| | 4007 | neocomian | calcar | - | - | - | 6,6 | - | 1,8 | - | 10 | 2,9 | 15,6 | 8,4 | 8,2 | - | 7,1 | 0,6 | 1,3 | - | 4,8 | - | - | - | 1 | 3,1 | 1,1 | - | - | - | 0,5 | - | - | 0,4 | - | - | 2,8 | - | 2,7 | - | 0,5 | - | 2,1 | 0,8 | - | 0,5 | 0,4 | 3,6 | - | 1,2 | 1,2 | 1,2 | - | 3,7 | 0,5 | - |
| | 4141 | bathonian | calcar | - | - | 6,3 | 11,3 | 1,1 | 10,7 | 0,9 | 14,6 | 10,1 | 14,8 | 15,6 | 7,8 | 0,5 | 15,3 | 2,2 | 1,7 | 1,4 | 11,9 | 2,4 | 2,8 | - | 0,9 | 5,2 | 1,7 | 0,4 | 2,1 | - | 1,7 | 0,6 | - | 1,2 | - | - | 4,4 | 2,7 | 2,7 | 2 | 0,8 | - | 2 | 1,4 | - | 0,5 | 0,4 | 11,7 | - | 1,7 | 6,2 | 5,2 | - | 2,1 | 0,9 | - |
| | 4217 | | gresie | - | - | 6,7 | 3,6 | - | 2,3 | 10,4 | 10 | 8,1 | 4 | 14,9 | - | 0,7 | - | - | 1,7 | - | 10,2 | - | - | 1,1 | 6,1 | 0,4 | - | 0,8 | 0,9 | - | 1,1 | - | - | 4,7 | 2,7 | 0,9 | 4,8 | 8,3 | 4,4 | 1 | 2 | 0,7 | 3 | - | - | 6,3 | 2,5 | 9,5 | - | 2,5 | - | - | 3,5 | 1,1 | 1,1 | 2,7 |
| | 4222 | dogger | gresie | - | - | 10,8 | 10,8 | - | 11 | 8,6 | 14,5 | 12,6 | 4,5 | 17,1 | 2,3 | 1,7 | 1,9 | 1,3 | 0,9 | - | 9,8 | 2,3 | 2,2 | 0,6 | 4,5 | 1,7 | 1,9 | 0,7 | 2,7 | - | 0,7 | - | - | 2,9 | - | 0,4 | 9,1 | 11,4 | 3 | 1 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | 0,8 | - | 8,5 | 1,9 | 13,2 | 0,9 | 1,7 | - | 3,1 | 2,3 | 0,7 | 0,5 | 2,6 |
| | 4236 | | gresie | - | - | 5,9 | 2,6 | - | 2,6 | 11,2 | 8 | 7,1 | 0,5 | 13,5 | - | - | - | - | 1,7 | - | 5,1 | - | - | 1,1 | 6,7 | - | - | - | - | - | 0,9 | - | - | 3,4 | - | 0,9 | 3,7 | 3 | 5 | 1 | 2,1 | 0,7 | 3 | - | - | 5,1 | 2,3 | 7,9 | - | 2,1 | - | - | 2,8 | 0,6 | 0,5 | 2,7 |
| 5034 | 4313 | silurian sup. | argilit | - | 2,6 | 14,8 | 16,2 | 6,3 | 15,4 | 6,8 | 15,3 | 1,5 | 9,3 | 18,2 | 1,7 | 7,6 | 4,4 | 9,8 | 6 | 6,9 | 15,3 | 8,6 | 11,2 | 1,5 | 7,5 | 5,1 | 2 | 3,2 | 8,2 | 2,4 | 4,2 | 4,9 | 6 | 3,3 | 2,3 | 1 | 1,9 | 14,7 | 2,4 | 4 | 0,9 | 0,5 | 2,2 | 5 | 2,4 | 4,4 | 1,1 | 14,4 | 7 | 0,5 | 6,1 | 9,2 | 4,3 | - | 0,5 | 0,8 |
| | 4335 | | argilit | - | 0,9 | 13,5 | 15,4 | 3,6 | 14,6 | 7,3 | 16,3 | 13,2 | 11 | 17,9 | 8,3 | 5,2 | 9,8 | 8,1 | 2,4 | 4,7 | 14,2 | 5,1 | 8,3 | 0,7 | 6,3 | 0,7 | 1,7 | 1,6 | 5,2 | 1,4 | 3,1 | 2,6 | 4,7 | 1,6 | 3,4 | - | 12,4 | 2,1 | 1,3 | 2,8 | 0,8 | 0,4 | 1 | 5,3 | 0,5 | 5,1 | 0,8 | 14,5 | 3,7 | 0,5 | 1,2 | 6,6 | 3 | - | 0,5 | 1,1 |
| | 4487 | | argilit | - | - | 10 | 16,2 | 4 | 13,6 | 6,6 | 16,2 | 12,4 | 14,3 | 17,7 | 9 | 5,7 | 15,7 | 8,9 | 2,5 | 3,4 | 15 | 4,9 | 5,1 | 0,7 | 8,7 | 0,5 | 1,8 | 1,9 | 4,9 | 1,5 | 3,8 | 3,3 | 5,4 | 1,5 | 1,3 | - | 12,5 | 1,1 | 1,4 | 3,7 | 0,8 | 0,4 | 1,5 | 5,5 | 0,6 | 3,2 | 0,6 | 14,5 | 3,7 | - | 5,9 | 6,5 | 1,7 | - | 0,7 | 0,7 |
| | 4709 | | argilit | - | - | 12,3 | 16,4 | 3,1 | 14,5 | 5,9 | 16,6 | 15,9 | 11 | 18,7 | 9,8 | 4,1 | 9,5 | 8,3 | 2,6 | 2,3 | 15,9 | 6,3 | 8,8 | 0,7 | 6 | - | 2,3 | 2 | 8,5 | 1,3 | 4,2 | 2,3 | 4,6 | 2,9 | - | - | 12,2 | 5,6 | 1,3 | 3,7 | 1 | 0,4 | 1,3 | 6,6 | 1,1 | 3,7 | 1,2 | 17,2 | 6,1 | 0,5 | 0,9 | 9,6 | 1,8 | - | 0,8 | 0,9 |
| | 4815 | | argilit | - | 0,9 | 12 | 17,3 | 3,6 | 16 | 7,5 | 16,6 | 13,9 | 13 | 18 | 13,1 | 5,2 | 8,8 | 9,5 | 2 | 5,7 | 7,1 | 4,3 | 8,9 | 1,2 | 8,3 | 0,7 | 1,8 | 1,4 | 5,7 | 2,2 | 4,7 | 3,1 | 5,4 | 4,6 | - | 0,5 | 10,5 | 3,5 | 0,9 | 4 | 1 | 0,4 | 1,2 | 6 | 0,7 | 4,7 | 0,9 | 15,5 | 5,1 | - | 0,8 | 6,6 | 1,3 | - | 0,9 | 1,4 |
| | 4951 | silurian inf. | argilit | 0,7 | - | 13,3 | 16,7 | 2,7 | 15,7 | 6,7 | 17,3 | 15,7 | 4,9 | 18,7 | 10,4 | 5,3 | 9,1 | 9,4 | 2,1 | 3,4 | 16,5 | 6 | 9,6 | 1,3 | 7,1 | 0,6 | 2 | 1,9 | 7,9 | 1,9 | 3,6 | 2,6 | 4,8 | 3,6 | - | - | 10,3 | 11,3 | 1,5 | 3,3 | 1,5 | 1 | 0,3 | 7,2 | 0,9 | 5 | 1,4 | 16,8 | 5,4 | 0,5 | 0,8 | 8,7 | 2,7 | - | 0,8 | 0,6 |
| 4560 | 4339 | | gresie | - | - | 8,7 | 3,1 | - | 5,8 | 10,6 | 13,7 | 13,4 | 13,3 | 17,6 | 3,5 | 0,9 | 8,5 | 1,2 | 2,2 | - | 12,3 | 4,2 | - | 0,9 | 6,6 | - | 1,9 | 2,9 | 4,4 | - | 1 | - | - | 2,5 | - | 0,6 | 9,3 | - | 4,1 | 1,1 | 1,2 | 0,5 | 3,2 | 1,5 | 0,7 | 3 | 0,7 | 14,1 | 1,3 | 1,5 | 1,1 | 5,8 | 2 | 0,9 | 0,2 | 1,4 |
| 4564 | 4239 | | gresie | - | - | 7,2 | 0,9 | - | 2,3 | 12,8 | 17 | 11,6 | 8 | 15,8 | 1,1 | - | 2,6 | 4,1 | 4 | 3,7 | 16,9 | 2,2 | - | 2,5 | 11,3 | 0,9 | - | 2 | 2,9 | 1,1 | - | 1,6 | 2,4 | 1,5 | - | 1,8 | 1,6 | - | 7,6 | - | 0,8 | - | 5,8 | 1,3 | 0,6 | 4,2 | 1 | 15,4 | - | 0,6 | 0,9 | 3,5 | 4,9 | 0,6 | 0,5 | 2,7 |
| 4246 | 4128 | | gresie | - | - | 12,9 | 6,5 | - | 11,1 | 10,5 | 15,2 | 15,5 | 6,4 | 16,9 | 6,7 | 3,4 | 1,3 | 2,4 | 1,1 | 0,9 | 11,3 | 6,2 | 2,6 | 1 | 4,3 | 0,5 | 2,5 | 4 | 6,5 | - | 1,9 | - | - | 1,2 | 0,8 | - | 1,8 | 1,2 | 2,9 | 1,7 | 0,8 | 0,5 | 1,6 | 2 | 0,5 | 6 | 0,8 | 16,2 | 3,4 | 0,9 | - | 8,2 | 2,8 | 0,6 | 0,6 | 2,1 |
| 4246 | 4241 | dogger | gresie | - | - | 10,5 | 4,5 | - | 6,3 | 12,4 | 8 | 15,3 | 4,2 | 18,5 | 1,7 | 1 | - | - | 3,2 | - | 9,3 | 5,8 | - | 1,7 | 7,1 | - | 0,9 | 10,9 | 5,6 | - | - | - | - | 2,2 | 1,3 | 1,2 | 6 | 0,9 | 4,6 | - | 1,1 | 0,4 | 3 | - | 0,5 | 6,1 | 0,8 | 15,9 | 1,5 | 1 | - | 7,8 | 3,2 | 0,5 | 1,1 | 3 |
| 4512 | 4330 | | gresie | 0,6 | 1,3 | 9,7 | 4,2 | 1,5 | 11,6 | 12,7 | 9 | 14,1 | 12,1 | 14,9 | 6,6 | 3,5 | 2,9 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 5,3 | 5,2 | 0,8 | 0,9 | 7,2 | 2,6 | - | 6,6 | 4,1 | - | - | 2,4 | 0,4 | 2,5 | 5 | - | 1,4 | 3,3 | 1,3 | - | 1 | 0,5 | - | - | 2,6 | 4,6 | 0,8 | 0,9 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 4,8 | 9,5 | 6,6 | 0,5 | 3,1 |
| 4513 | 4255 | | gresie | - | - | 4,8 | 1,1 | 12,5 | 1,1 | 11,4 | 12,8 | 6,5 | 2,9 | 15,9 | 0,6 | - | - | 0,7 | 2,7 | - | 11,8 | - | - | - | 5,4 | - | - | 0,7 | - | - | 0,9 | - | - | 3,2 | 0,9 | - | 1,9 | - | 6,5 | 0,6 | 1,4 | 0,8 | 4,1 | - | - | 5,3 | 2 | 7,7 | - | 1,9 | - | 1,9 | 2,5 | 0,8 | 0,6 | 3,2 |
| | 4346 | | gresie | - | - | 12,2 | 11,6 | - | 13,4 | 9,6 | 14,7 | 14,4 | 11,8 | 17,6 | 5,2 | 3,9 | - | 0,4 | 0,6 | - | 12,8 | 4,2 | 3,5 | 0,9 | 10,6 | 0,8 | 1,9 | 2,9 | 4,7 | - | 1 | - | - | 0,5 | 2,1 | 1,3 | 9,3 | 1,8 | 1,5 | 1,9 | - | - | 0,9 | - | - | 7,7 | 1,5 | 15,1 | 2,6 | 0,5 | - | 5,9 | 3,3 | 0,6 | 0,5 | 1,5 |

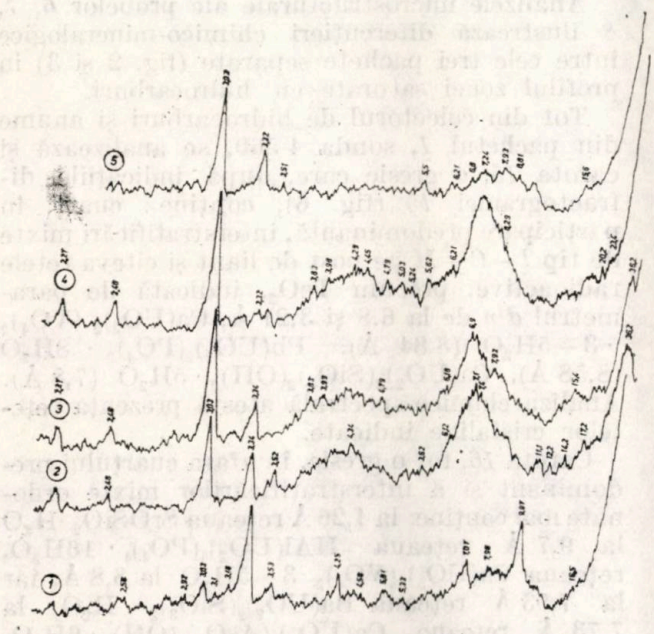


Fig. 4. Difractograme de raze X.

datele analizei chimico-spectrale. Difractograma *2* mai reţine atenţia prin pikurile din domeniul 6—8 Å, cel mai intens fiind cel de la 7,1 Å, aparţinînd reţelei cristaline $2UO_3SO_3 \cdot 5H_2O$ cu pikul secund la 3,51 Å. Pikurile de la 6,8; 3,4; 2,95 Å pun în evidenţă reţeaua $K(H_3O)UO_2(SiO_4) \cdot nH_2O$, iar planul $d/n = 11{,}1$ Å indică reţeaua $U(HPO_4) \cdot 4H_2O$. Formulele chimico-mineralogice menţionate sînt susţinute şi de datele analizei chimico-spectrale de emisie.

Din neocomian se analizează un calcar (proba *3*, tab. 1), care, la nivelul adîncimii de 4 002 m, apare mai impurificat cu structuri de minerale argiloase, aşa cum pune în evidenţă difractograma *3*, faţă de difractograma *4*, care aparţine probei de la 4 007 m. Şi analiza chimico-spectrală pentru probele *3* şi *4* pune în evidenţă acest lucru. Calcitul este reliefat de parametrii de la 3,03 şi 2,48 Å. Impurificatorii argiloşi sînt reţelele de tip illit-clorit-montmorillonit (36,2; 3,34 Å), de tip illit-montmorillonit (23 Å) şi montmorillonit (20,2 Å). În domeniul unghiurilor $2\theta = 10—15°$ regăsim [13; 14; 15] reţele cristaline purtătoare de elemente chimice radioactive, evidenţiate şi

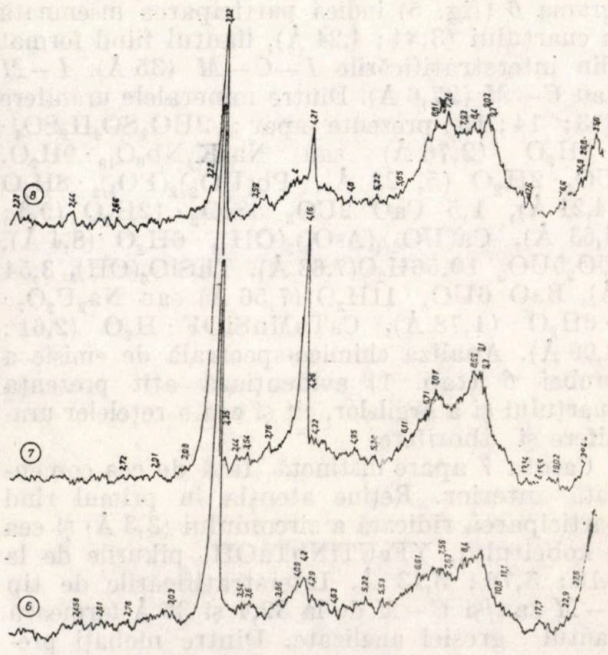


Fig. 5. Difractograme de raze X.

de analizele chimico-spectrale de emisie pentru aceste două carote. Pe palierul 7—7,2 Å rețelele $UO_3 \cdot 2H_2O$, $2UO_3SO_3 \cdot 5H_2O$ și $UO_2MoO_4 \cdot 4H_2O$ apar destul de cert. Pikurile 7,93 și 3,99 Å indică rețeaua $Ba(UO_2)_2(SiO_3)_2 \cdot H_2O$, bariul scoțînd în evidență și faptul că proba s-a format într-o zonă cu temperatură ridicată. Planurile *d/n* de la 15,4 și 7,9 Å indică rețeaua $3(ZnMg)O_4(SiAl)O_2 \cdot H_2O$, întîlnită și în zona nordică a batolitului Balș-Mogoșești [13]. Pikul de la 3,83 Å reliefează participarea rețelei $UO_25UO_3$ 10,56 $H_2O$, iar seria planurilor *d/n* 7,56 ; 6,18 și 4,79 Å evidențiază rețeaua $Na_2U_2O_7 \cdot 6H_2O$. Pikul de la 6,21 Å (difractograma *4*) aparține rețelei $UC_2O_8 \cdot 6H_2O$, întîlnită în lucrarea [13], la fel și rețeaua $UC_4O_8 \cdot 2H_2O$ cu planul intens de la 5,24 Å, iar pikul de la 4,45 Å, aparține rețelei $U(HPO_4)_2 \cdot H_2O$.

Din partea superioară a doggerului, din bathonian, se analizează un calcar, și el impurificat de argile, rețelele de tip *I—C—M* fiind predominante, după cum se observă din difractograma *5*. Dintre compușii neargiloși, prezenți în acest calcar, se menționează rețelele cristaline de la : 8,81 Å aparținînd $Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3—5H_2O$, de la 7,93 Å a $Ba(UO_2)_2(SiO_3)_2 \cdot H_2O$, de la 7,24 Å a $UO_3 \cdot 2H_2O$, de la 3,51 Å aparținînd $2UO_3SO_3 \cdot 5H_2O$, de la 6,21 Å a $UC_2O_8 \cdot 6H_2O$, de la 6,8 Å a $K(H_3O)UO_2(SiO_4) \cdot nH_2O$ și de la 5,5 Å pentru $Fe_3O_4(SO_4)_{18} \cdot nH_2O$. Analiza chimico-spectrală de emisie pentru proba *5* evidențiază (tab. 1) elementele chimice menționate în formulele chimico-mineralogice indicate.

Din zăcămîntul conținînd sistemul de hidrocarburi fluide se analizează, din pachetul al doilea, carota *6*, o gresie bine consolidată, prezentînd particule medii și grosiere. Difractograma *6* (fig. 5) indică participarea însemnată a cuarțului (3,34 ; 4,24 Å), liantul fiind format din interstratificările *I—C—M* (35 Å), *I—M* sau *C—M* (27,6 Å). Dintre mineralele uranifere [13 ; 14 ; 15] prezente apar : $2UO_2SO_4H_2SO_4 \cdot 5H_2O$ (2,76 Å) sau $Na_2K_1Nb_6O_{19} \cdot 9H_2O$, $UO_4 \cdot 2H_2O$ (5, 22 Å), $Pb(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ (4,21 Å), 1,5 CaO $2UO_3$ $5SiO_2 \cdot 12H_2O$ (9,3 ; 4,63 Å), $Ca(UO_2)_4(AsO_4)_2(OH)_4 \cdot 6H_2O$ (8,4 Å), $UO_25UO_3$ $10,56H_2O$(7,63 Å), $ThSiO_4(OH)_4$ 3,54 Å), BaO $6UO_3 \cdot 11H_2O$ (7,56 Å) sau $Na_2U_2O_7 \cdot 6H_2O$ (4,78 Å), CaThMnSiOF $\cdot H_2O$ (2,61 ; 4,09 Å). Analiza chimico-spectrală de emisie a probei *6* (tab. 1) evidențiază atît prezența cuarțului și a argilelor, cît și cea a rețelelor uranifere și thorifere.

Carota *7* apare distinctă față de cea comentată anterior. Reține atenția în primul rînd participarea ridicată a zirconiului (3,3 Å) și cea a kobeitului, YFeUTiNbTaOH, pikurile de la 4,16 ; 3,76 ; 3,13 Å. Interstratificările de tip *I—M* sau/și *C—M* de la 32,4 și 35 Å formează liantul gresiei analizate. Dintre niobați prezent este și epistolitul, $H_3Na_6Nb_3Si_5TiO_{24} \cdot 2H_2O$, pikurile de la 6,11 ; 4,32 ; 2,72 Å. Se regăsesc prin pikurile de la 9,3 ; 2,75 ; 3,54 ; 2,61 Å, rețelele cristaline prezentate la carota *6*, la care se mai adaugă rețelele $UTi_2O_5$ (3,44 ; 3,35 Å), $SrOSiO_2 \cdot H_2O$ (4,26 Å), $KUO_2AsO_4 \cdot 3H_2O$ (9,1 Å), $H_2(UO_2)_2$ $[(PAs)O_4)]_2 \cdot 10H_2O$ (9,03 Å). Parametrul spectral $I_t—I_f$ din analiza chimico-spectrală de emisie (tab. 1) reliefează prezența elementelor chimice menționate pentru rețelele cristaline evidențiate.

Carota *8*, integrată în pachetul al treilea al profilului productiv, conține, după indicațiile difractogramei *8* de raze X (fig. 5), următoarele rețele cristaline : cuarț (3,34 Å) și interstratificările *C—M* (35,6 Å), *I—M* (26,8 Å), *I—M* (24,94 Å), pe post de liant. Dintre rețelele radioactive mai evidente apar : 9,3 Å — comentată anterior, 9,03 Å aparținînd $H_2(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, 8,4 Å — deja comentată, 7,93 Å aparținînd $Ba(UO_2)_2(SiO_3)_2 \cdot H_2O$, 7,24 Å aparținînd $UO_3 \cdot 2H_2O$, 6,81 Å pentru $K(H_2O)UO_2(SiO_4) \cdot nH_2O$. Analiza chimico-spectrală de emisie (tab. 1) arată unele diferențieri chimice ale acestei carote, față de probele *7* și *6*.

Analizele microstructurale ale probelor *6*, *7*, *8* ilustrează diferențieri chimico-mineralogice între cele trei pachete separate (fig. 2 și 3) în profilul zonei saturate cu hidrocarburi.

Tot din colectorul de hidrocarburi și anume din pachetul *1*, sonda 4 560, se analizează și carota *15*, o gresie care, după indicațiile difractogramei *15* (fig. 6), conține : cuarț, în participare predominantă, interstratificări mixte de tip *I—C—M* pe post de liant și cîteva rețele radioactive, precum $TeO_2$, indicată de parametrul *d/n* de la 6,8 și 3,21 Å, $Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3—5H_2O$ (8,84 Å), $Pb(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ (8,58 Å), $Ca(UO_2)_2(SiO_3)_2(OH)_2 \cdot 5H_2O$ (7,8 Å). Analiza chimico-spectrală atestă prezența rețelelor cristaline indicate.

Carota *16*, tot o gresie, în afara cuarțului predominant și a interstratificărilor mixte ordonate mai conține: la 4,26 Å rețeaua $SrOSiO_2 \cdot H_2O$ la 9,7 Å rețeaua $HAl(UO_2)_4(PO_4)_4 \cdot 16H_2O$, rețeaua $Ca(UO_5)_2(VO_4)_2 \cdot 3—5H_2O$ la 8,8 Å, iar la 7,93 Å rețeaua $Ba(UO_2)_2(SiO_3)_2 \cdot H_2O$, la 7,73 Å rețeaua $Ca(UO_2)_4(AsO_4)_2(OH)_4 \cdot 6H_2O$, la 7,24 Å rețeaua $UO_3 \cdot 2H_2O$, iar la 6,8 Å rețeaua $K(H_3O)UO_2(SiO_4) \cdot nH_2O$. Analiza chimico-spectrală de emisie evidențiază, în tabelul 1, unele diferențieri de compoziție chimică, suport la diferențierile mineralogice menționate.

Carota *17*, pe lîngă preponderența cuarțului și a liantului dat de interstratificările mixte ordonate *I—C—M* și *I—M*, mai posedă următoarele rețele uranifere : de la 9,3 ; 9,03 ; 8,81 ; 8,11 ; 7,72 ; 7,63 Å, anterior prezentate, iar la 7,19 Å rețeaua eudialitului NaCaFeZrSiOHCl. Datele analizei chimico-spectrale susțin formulele chimico-mineralogice menționate.

Carota *18* are un conținut ridicat de cuarț, liantul acestei gresii fiind format din interstra-

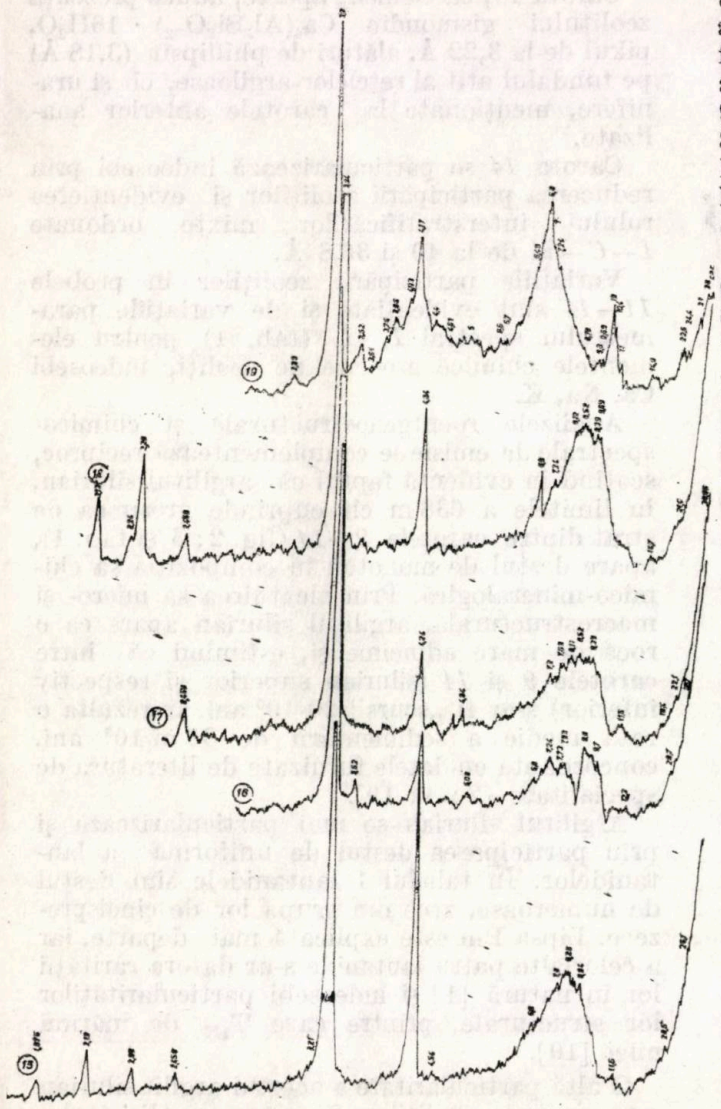


Fig. 6. Difractograme de raze X.

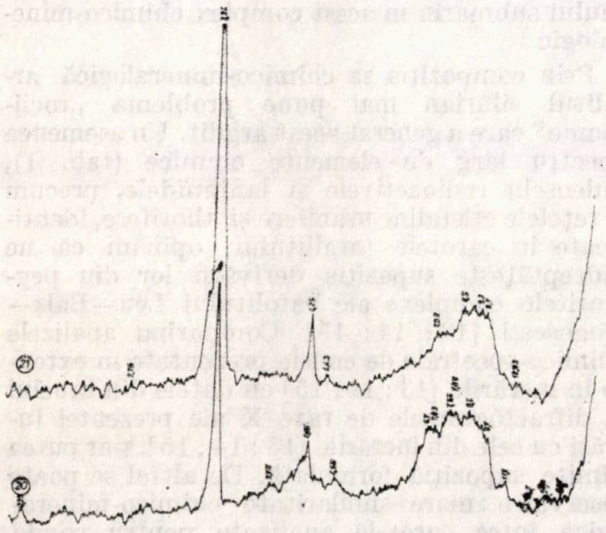


Fig. 7. Difractograme de raze X.

tificările mixte ordonate bi- și tricomponente ale *I*, *C* și *M*. Dintre rețelele cristaline uranifere se detașează cea de la 6,8 Å; în mod aparte este prezentă și cea de la 9,69 Å, la 9,3 Å apare $1{,}5\,CaO\ 2UO_3\ 5SiO_2 \cdot 12H_2O$, la 8,58 Å rețeaua $Pb(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, iar la 8,12 Å rețeaua $Na_4K_4Nb_6O_{19} \cdot 9H_2O$. Analiza chimico-spectrală prezintă date concordante cu analiza roentgenostructurală.

Carota *19* are bine reliefat în difractograma de raze X liantul particulelor minerale: interstratificările mixte ordonate *I*—*C*—*M* de la 42,4 și 38 Å, *C*—*M* sau/și *I*—*M* de la 31 Å, *I*—*M* de la 24,4 și 22,6 Å, apare și illitul la 10 Å și bavalitul la 6,9 Å. În carotă mai apar: augitul — $(CaFeMg)SiO_3$ la 2,99 Å, fraipontitul—$Zn_8Al_4(SiO_4)_5(OH)_6 \cdot 7H_2O$ la 7 și 3,52 Å, iar dintre uranifere prezente sînt rețelele de la 7,24; 8,78; 9,3 și 9,69 Å, anterior întîlnite la celelalte carote ale orizontului productiv.

Carota *20* se particularizează prin participarea însemnată a zirconiului (3,3 Å), prezent este și kobeitul (4,16 Å), cuarțul participă într-o proporție mai scăzută, iar liantul argilos este dat, în principal, de interstratificările mixte ordonate. În privința rețelelor cristaline, radioactive sînt cele prezentate anterior, în nuanțări de distribuire; la fel nuanțări se observă și în analiza chimico-spectrală de emisie. Gresia carotei *20* se integrează în tipurile de gresie ale carotelor anterior analizate.

Carota *21*, din aceeași sondă, dar din tubul bazal al colectorului de hidrocarburi are în componență cuarț, zircon, $SrOSiO_2 \cdot H_2O$ (planul $d/n = 4{,}26$ Å), rețelele cristaline radioactive deja comentate de la 9,69; 9,3; 8,12; 7,3 Å, particulele mai grosiere fiind liate de argilele de interstratificație mixtă ordonată. Analiza chimico-spectrală integrează, prin mărimile parametrului spectral $I_i—I_f$ (tab. 1) pentru elementele chimice identificate, carota în grupa gresiilor anterior analizate.

Modul de prezentare a analizelor structurale s-a făcut în scopul de a reduce repetarea, de a scoate în evidență evantaiul larg al participării rețelelor chimico-mineralogice ale rociimame [13; 14; 15] din care au derivat rocile orizonturilor productive și ale rocilor sterile din acoperișul și culcușul zăcămîntului de hidrocarburi din dogger.

Doggerul stă, după cum se poate observa în figurile 2 și 3, — care au la bază interpretarea diagrafiilor geofizice de sondă — discordant peste argilitul silurianului superior, reprezentat de carota *9*. Difractograma *9* de raze X din figura 8 pune în evidență, prin intensitatea pikului de la 6,9 Å, participarea însemnată a bavalitului. Pikul de la 3,31 Å indică prezența interstratificării illit-clorit-montmorillonit. Analiza chimico-spectrală de emisie, prin mărimile parametrului $I_i—I_f$ pentru Mg, Fe, atestă participarea cloritelor, prin grupele Al—Ga,

Si—B, V—Cr—Co—Ni, prezența montmorillonitelor, iar K indică prezența illitului.

Similară carotei *9* este carota *10*, în care interstratificarea $I—C—M$ de la 36,8 Å este evidentă, iar bavalitul se regăsește. Analizele

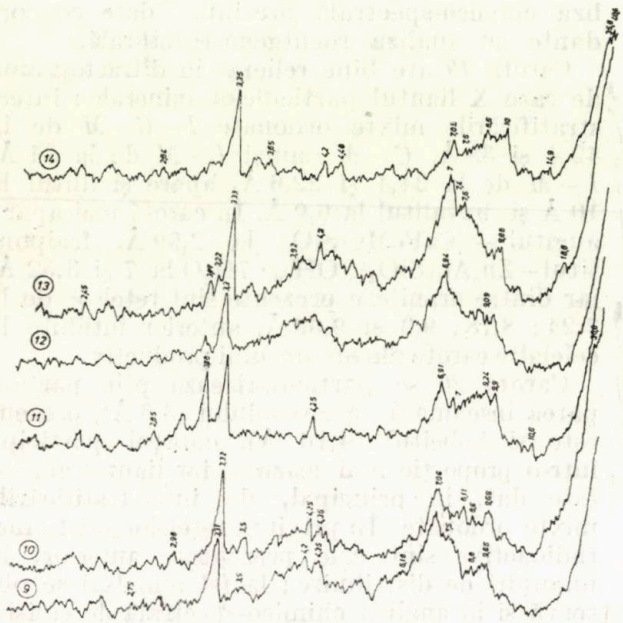


Fig. 8. Difractograme de raze X.

chimico-spectrale de emisie pentru aceste două carote (tab. 1) atrag atenția asupra elementelor chimice radioactive, obligîndu-ne să identificăm și rețele cristaline ale acestora. Pikurile de la 7,06; 3,5; 3,12 Å aparțin rețelei cristaline $2UO_3SO_3 \cdot 5H_2O$, cele de la 7,56; 6,18 și 4,78 Å aparțin rețelei $Na_2U_2O_7 \cdot 6H_2O$, cele de la 8,11; 2,75 Å rețelei $Na_4K_4Nb_6O_{19} \cdot 9H_2O$, cele de la 8,62; 3,68 A rețelei $Pb(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, cele de la 9,66; 4,86; 3,47 Å rețelei $HAl(UO_2)_4(PO_4)_4 \cdot 16H_2O$, iar cele de la 8,8; 4,2; 3,24 Å rețelei $Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3—5H_2O$.

Carota *11* aduce o componentă mineralogică specifică, zeolitul phillipsit — $(K_2Ca_{1,7})(Al_6Si_{10}O_{32}) \cdot nH_2O$, într-o participare ridicată, apreciind după numărul și intensitatea parametrilor de la 7,64; 6,91; 4,26 și îndeosebi 3,18 Å, precum și participarea, în subordonare, a thomsonitului — $(Ca_4Na_2)(Al_{10}Si_{10}O_{40}) \cdot 12H_2O$, parametrii de difracție [3; 17; 18] de la 2,85; 3,48; 4,6 și 8 Å. Dintre rețelele uranifere se menționează, în plus față de cele anterior prezentate, rețelele de la: 9,9 Å a $Mg(UO_2)_2(PAs)O_4 \cdot 10H_2O$ și 9,24 Å a $CaO\ 2UO_3\ 6SiO_2 \cdot 5H_2O$.

Carota *12* s-ar particulariza printr-o participare mai scăzută a zeoliților, în rest menține prezența atît a rețelelor argiloase, cît și a unora uranifere, menționate la carotele anterior prezentate.

Carota *13*, ca element aparte, aduce prezența zeolitului gismondin $Ca_4(Al_8Si_8O_{32}) \cdot 16H_2O$, pikul de la 3,22 Å, alături de phillipsit (3,18 Å) pe fundalul atît al rețelelor argiloase, cît și uranifere, menționate la carotele anterior analizate.

Carota *14* se particularizează îndeosebi prin reducerea participării zeoliților și evidențierea rolului interstratificărilor mixte ordonate $I—C—M$ de la 40 și 36,8 Å.

Variațiile participării zeoliților în probele *11—14* sînt evidențiate și de variațiile parametrului spectral $I_t—I_f$ (tab. 1) pentru elementele chimice asociate de zeoliți, îndeosebi Ca, Na, K.

Analizele roentgenostructurale și chimico-spectrale de emisie se complementează reciproc, scoțînd în evidență faptul că argilitul silurian, în limitele a 638 m cît cuprinde grosimea de strat dintre carotele *9—14* (fig. 2; 3 și tab. 1), apare destul de monoton în compoziția sa chimico-mineralogică. Prin alcătuirea sa micro- și macrostructurală, argilitul silurian apare ca o rocă de mare adîncime și, estimînd că între carotele *9* și *14* (silurian superior și respectiv inferior) s-ar fi „scurs" $20 \cdot 10^6$ ani, ar rezulta o rată medie a sedimentării de 35 m/$10^6$ ani, concordantă cu datele furnizate de literatura de specialitate [2; 4; 19].

Argilitul silurian se mai particularizează și prin participarea destul de uniformă a lantanidelor. În tabelul 1 lantanidele sînt destul de numeroase, zece din grupa lor de cincisprezece. Lipsa Pm este explicată mai departe, iar a celorlalte patru lantanide s-ar datora raritații lor în natură [1] și îndeosebi particularităților lor structurale, printre care $T_{1/2}$ de mărimi mici [10].

O altă particularitate a acestui argilit silurian este prezența zeoliților. Singeneza zeoliți-smectite a mai fost prezentată în lucrările [3; 17; 18 ș.a.], sugerîndu-se și contribuția vulcanismului submarin în acest complex chimico-mineralogic.

Prin compoziția sa chimico-mineralogică argilitul silurian mai pune problema „rociimame" care a generat acest argilit. Un asemenea spectru larg de elemente chimice (tab. 1), îndeosebi radioactivele și lantanidele, precum și rețelele cristaline uranifere și thorifere, identificate în carotele argilitului, opinăm că ne îndreptățește supoziția derivării lor din pegmatitele complexe ale batolitului Leu—Balș—Mogoșești [12; 14; 15]. Comparînd analizele chimico-spectrale de emisie prezentate in extenso în lucrările [13; 14; 15] cu datele din tabelul 1, difractogramele de raze X ale prezentei lucrări cu cele din lucrările [13; 14; 15], s-ar putea admite supoziția formulată. De altfel se poate observa o mare similaritate chimico-mineralogică între carotele analizate pentru sonda 3 004 Oporelu și 5 034 Mitrofani, iar între aceste

două sonde (fig. 1), distanța care le separă este de aproximativ 23 km. Ridicarea intrusivului în zona Oporelu—Priseaca (a se vedea fig. 1 din lucrarea [15]), ridicare datînd, după supozițiile lucrării [16], din proterozoic inferior-arhaic, poate servi drept zonă de „alimentare" cu structuri chimico-mineralogice pentru horstul paleozoic Iancu Jianu—Mitrofani.

Pentru colectorul de hidrocarburi fluide din doggerul structurii Mitrofani important este și faptul că în acoperiș este închis etanș de un interval argilos-impermeabil (fig. 2 și 3) și la fel culcușul este format de argile, scuturi de nădejde, care au asigurat de-a lungul timpului geologic ermeticitatea zăcămîntului de hidrocarburi fluide.

Important este, de asemenea, faptul că rocile impermeabile din culcuș și din acoperiș au un conținut nu neglijabil de structuri chimico-mineralogice radioactive.

Colectorul de hidrocarburi fluide din dogger, o gresie cu liant argilos, cu proprietăți bune de porozitate și permeabilitate, se particularizează printr-un conținut ridicat de rețele chimico-mineralogice purtătoare de elemente radioactive.

Este o particularitate a structurii Mitrofani că mediul solid din etajele sale geologice, însumînd aproximativ 1 500 m — cît s-a cuprins între carotele 1—21, de-a lungul unui interval de timp important ($425 \cdot 10^6$ ani) prezintă un procent nu neglijabil de minerale uranifere și thorifere și de elemente chimice radioactive. Asupra acestor particularități radioactive am vrea să insistăm puțin, folosind datele consemnate în tabelul 2. Participarea acestor elemente chimice radioactive în mediul solid analizat (tab. 1) reține atenția.

**Parametrii structurali ai unor elemente chimice** *Tabelul 2*

| Elementul chimic | Starea de Clark, în p.p.m.* | Izotopul radioactiv (mamă) | Conținutul izotopului radioactiv în amestecul natural, % ** | Izotopul stabil (fiică) | Durata medie de viață a izotopului radioactiv, ani | Energia de iradiere, MeV ** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $\alpha$ | $\beta^-$ | $\gamma$ | $e^-$ |
| U | 3—4 | $^{238}_{92}U$ | 99,28 | $^{206}_{82}Pb$ | $6,5 \cdot 10^9$ | 4,18 | — | 0,048 | 0,045 |
| | | $^{235}_{92}U$ | 0,714 | $^{207}_{82}Pb$ | $1,03 \cdot 10^9$ | 4,39 | — | 0,143 | — |
| Th | 10—15 | $^{232}_{90}Th$ | 100 | $^{208}_{82}Pb$ | $2,0 \cdot 10^{10}$ | 3,98 | — | 0,075 | 0,06 |
| Re | 0,05 | $^{187}_{75}Re$ | 62,93 | $^{187}_{76}Os$ | $3,917 \cdot 10^{11}$ | — | 0,04 | — | — |
| W | 2,1 | $^{180}_{74}W$ | 0,126 | — | $3,06 \cdot 10^{18}$ | 3,2 | — | — | — |
| Lu | 0,75 | $^{176}_{71}Lu$ | 2,6 | $^{176}_{72}Hf$ | $3,24 \cdot 10^{10}$ | — | 0,4 | 0,27 | — |
| Sm | 6,5 | $^{147}_{62}Sm$ | 15,07 | $^{143}_{60}Nd$ | $9,04 \cdot 10^{11}$ | 2,2 | — | — | — |
| Nd | 24 | $^{150}_{60}Nd$ | 5,6 | — | $6,74 \cdot 10^{10}$ | — | 0,011 | — | — |
| La | 18 | $^{138}_{57}La$ | 0,089 | $^{138}_{58}Ce$ | $9,56 \cdot 10^{10}$ | — | 1($\beta^+$) | 0,8 | — |
| Te | 0,002 | $^{130}_{52}Te$ | 34,11 | — | $1,88 \cdot 10^{21}$ | — | — | — | — |
| Sn | 2 | $^{124}_{50}Sn$ | 6,11 | — | $4,06 \cdot 10^{16}$ | — | 1,5 | — | — |
| In | 0,11 | $^{115}_{49}In$ | 95,77 | — | $0,8 \cdot 10^{15}$ | — | 0,63 | — | — |
| | | $^{113}_{49}In$ | 4,23 | — | $1,48 \cdot 10^{15}$ | — | — | — | — |
| Zr | 156 | $^{96}_{40}Zr$ | 2,8 | — | $8,37 \cdot 10^{16}$ | — | 3,4 | — | — |
| Rb | 115 | $^{87}_{37}Rb$ | 28,3 | $^{87}_{38}Sr$ | $8,3 \cdot 10^{10}$ | — | 0,275 | 0,394 | — |
| Ca | 3,63*** | $^{48}_{20}Ca$ | 0,179 | — | $2,7 \cdot 10^{15}$ | — | — | — | — |
| K | 2,59*** | $^{40}_{19}K$ | 0,012 | $^{40}_{20}Ca$ | $1,63 \cdot 10^9$ | — | 1,325 | 1,459 | — |

* după [1]
** după [5; 10] ;
*** în procente

O primă atenționare o aduce durata medie de viață a izotopilor radioactivi din tabelul 2. După cum este cunoscut [5; 16; 20; 21], viteza de dezintegrare nu rămîne invariabilă pe tot timpul geologic al procesului de scindare, ci prin trecerea timpului, ea scade deoarece cantitatea atomilor care se dezintegrează în fiecare moment dat este proporțională cu cantitatea atomilor aflați în sistem. Parametrul invers constantei de dezintegrare a fost denumit durată medie de viață a elementelor radioactive, prezentînd pentru elementele menționate în tabelul 2, mărimi de reținut, cel puțin sub următoarele unghiuri de vedere:

a) radionuclizii indicați pentru elementele chimice W, Te, Sn, In, Zr, Ca au o durată medie de viață atît de mare, încît ar rezulta [2; 11; 16] că acești radionuclizi nu au avut timpul necesar, pe Terra, pentru crearea izotopilor lor stabili (fiică), admițînd că vîrsta Terrei [2] este de $4{,}57 \cdot 10^9$ ani. Ca atare acești radionuclizi se dezintegrează și în prezent și vor „mai lucra mult timp", concordant cu mărimile duratei medii de viață, menționate în tabelul 2;

b) radionuclizii capetelor de serii U, Th, Re, Lu, Sm, Nd, La, Rb, K au o pondere însemnată în bilanțul energetic al scindării, atît prin gradul de participare — produsul stării de Clark x conținutul izotopului radioactiv în amestecul natural, prin durata medie de viață și prin energia de iradiere dezvoltată (tab. 2);

c) travaliul radionuclizilor capete de serii s-a desăvîrșit în izotopii stabili (fiică) ai Pb, Os, Hf, Nd, Ce, Sr, Ca, așa cum ilustrează și datele analizei chimico-spectrale de emisie din tabelul 1;

d) datele analizei chimico-spectrale de emisie din tabelul 1 mai scot în evidență și prezența triadelor izobarilor naturali [5], din care se menționează:

$^{40}_{18}Ar - {}^{40}_{19}K - {}^{40}_{20}Ca$

$^{138}_{56}Ba - {}^{138}_{57}La - {}^{138}_{58}Ce$ (primul element chimic nu a fost determinat în investigarea noastră)

$^{176}_{70}Yb - {}^{176}_{71}Lu - {}^{176}_{72}Hf$

În aceste triade ale izobarilor naturali membrul median este un nuclid radioactiv. Se ilustrează utilitatea regulii lui Mattauch în observarea prezenței radionuclizilor în natură. Regula lui Mattauch formulează că pentru numărul de masă $A$ impar seriile izobare conțin numai un izotop stabil, iar pentru valorile pare ale lui $A$ există doi și chiar trei izobari stabili, al căror număr de ordine $Z$ diferă cu două unități, excepție [5] făcînd:

$^{50}_{22}Ti - {}^{50}_{23}V - {}^{50}_{24}Cr$

$^{113}_{48}Cd - {}^{113}_{49}In$

$^{180}_{72}Hf - {}^{180}_{73}Ta$

În acest caz, oare nu ar fi clar că rarii nuclizi $^{50}_{23}V$ și $^{180}_{73}Ta$ par a fi nuclizi radioactivi cu perioade de înjumătățire excepțional de mari, cum este cazul cu radionuclidul $^{113}_{49}In$ (tab. 2)?

Se menționează și triada „nestabilă":

$$^{147}_{61}Pm - {}^{147}_{62}Sm - {}^{147}_{63}Eu$$

pentru a pune în evidență faptul că elementul chimic Pm este un produs al dezintegrării U în reactoare [5] cu putere de 1 MW. Radionuclidul $^{147}_{61}Pm$, cu $T_{1/2} = 2{,}62$ ani, se obține în aceste reactoare în cantitate de aproximativ 10 mg/24 ore, dar prin durata sa medie de viață, extrem de scăzută în raport cu vîrsta Terrei, nu poate fi întîlnit în roci și, de aceea, lipsește în tabelul 1.

Prin exemplificările anterior schițate s-a urmărit să se pună în evidență faptul că în volumele închise ale etajelor geologice analizate, de-a lungul timpului geologic, scindarea nucleelor s-a desfășurat continuu.

În cazul V = const., legea conservării energiei nu putea conduce, în timp, decît la acumularea energiilor maselor în mișcare. Volumele închise au asigurat păstrarea membrilor seriilor de dezintegrare, explicînd astfel numărul mare de elemente chimice „în stare solidă" decelate în tabelul 1. În viitor ar fi indicată determinarea și a elementelor chimice „în stare gazoasă".

Deși este o abordare „informativ-calitativă" cea utilizată de noi, totuși ea ar putea fi fructificată în lipsa unei disponibilități de cercetare cu ajutorul spectrometriei de masă.

Izotopi care se divid sînt numeroși în elementele chimice identificate în tabelul 1. Supuși constant iradierii cu neutroni din partea dezintegrării spontane a uraniului și thoriului [5; 21], prin scindarea de tip neutrono-indus a izotopilor lor, fondul natural de neutroni fiind amplificat și de reacția $(\alpha, n)$ asupra elementelor chimice ușoare din sistem [10; 20], interacționînd și cu actinidele naturale [6; 7], acest flux însumat de neutroni generează reacții de scindare $(n, \gamma)$ și $(n, 2n)$, care conduc, la rîndul lor, la mărirea fluxului de neutroni. În felul acesta, mediul solid analizat (tab. 1) ar putea fi privit ca un sistem oarecum subcritic, ceva similar situației smoalei uranifere din Saxonia [7; 8], căreia Kuroda i-a scos în evidență, prin calcule, existența unui sistem subcritic.

Pentru dezvoltarea reacțiilor nucleare în lanț au existat în sistemul Mitrofani factori ca: vechimea mineralelor radioactive ($>10^9$ ani) din tabelul 2, conținutul de uraniu, thoriu, potasiu, rubidiu, zircon, calciu, lantanide (tab. 1) și prezența apei. Participarea moderatorilor trebuie și ea luată în considerație, moderatori care și-au exercitat influența în „domolirea" reactorului natural; „azi" temperatura de zăcămînt în zona productivă a hidrocarburilor fiind măsurată, dar nu în regim stabilizat, a fost apreciată la nivelul de 140°C.

Sistemele analizate, fie că sînt poros-permeabile sau impermeabile, au fost, de-a lungul timpului geologic, sisteme închise (fig. 1;2 şi 3), în care energia de dezintegrare nucleară s-a putut conserva. Opinăm că tocmai acest V = const., de-a lungul unui timp geologic la nivelul doggerului de apox. $150 \cdot 10^6$ ani, a permis acumularea unei energii, din dezintegrarea nucleară în lanţ, nu neglijabilă, din moment ce sîntem în prezenţa unui zăcămînt de gaze cu condensat, bordat de o zonă de ţiţei saturat cu gaze, sistem aflat iniţial la o presiune de 760 bar.

Desigur că în demonstrarea mai certă a „reactorului nuclear natural" se cer studii mult mai aprofundate, dar opinăm că în baza datelor prezentei lucrări nu se poate exclude prea uşor ideea reactorului nuclear natural prezentat.

**Bibliografie**


[1] Ahrens, L. H., Taylor, S. R. *Spectrochemical analysis.* II-nd edition. Addison-Wesley, Publ. Co., London, 1961.

[2] Dodson, M. H. *Archaean geochronology.* In lectures in izotope geology. Springer-Verlag, New-York, 1979.

[3] Honnorez, J. *Generation of phillipsites by palagonization of bazaltic glass in sea water and the origin of K-rich deep-sea sediments.* Natural zeolites. Pergamon Press, 1978.

[4] Jäger, E. *Evolution of the european continent.* In lectures in isotope geology. Springer-Verlag, Berlin, New-York, 1979.

[5] Keller, C. *Radiohimia.* Atomizdat, Moskva, 1978.

[6] Komov, I. L. *Radiaţionnaia mineraloghia.* Energoizdat, Moskva, 1982.

[7] Kruglov, A. K. ş.a. *Prirodnie reaktori i priznaki ih obnarujenia.* În Himia urana. Nauka, Moskva, 1981.

[8] Kuroda, P. K. J. Chem. Phys., 1956, v. 25, nr. 4, p. 781—782.

[9] Murgulescu, I., Păun, J. *Introducere în chimia fizică.* Vol. 13. *Nucleul atomic, reacţii nucleare, particule elementare.* Ed. Academiei R.S.R., Bucureşti, 1982.

[10] Nesmeianov, A. N. ş.a. *Polucenie radioaktivnîh izotopov.* Gosthimizdat, Moskva, 1954.

[11] Oraevskii, V. N. *Plazma na zemle i v kosmose.* Naukova dumka, Kiev, 1980.

[12] Paraschiv, D. *Privire de ansamblu asupra magmatitelor din Platforma moesică.* Mine, Petrol şi Gaze, **37**, nr. 7, 1986.

[13] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Cercetări roentgenostructurale şi chimico-spectrale asupra unor carote din zona nordică a batolitului de la Balş.* Mine, Petrol şi Gaze, **35**, nr. 10, 1984.

[14] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Cercetări roentgenostructurale şi chimico-spectrale asupra unor carote extrase din zona sudică a batolitului de la Balş* Mine, Petrol şi Gaze, **35**, nr. 11, 1984.

[15] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Consideraţii petrologice în legătură cu formarea pegmatitelor din batolitul Leu-Balş-Mogoşeşti.* Mine, Petrol şi Gaze, **36**, nr. 6, 1985.

[16] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Cercetări roentgenostructurale şi chimico-spectrale asupra unor carote extrase de la adîncime din zona Căciulata-Cozia.* Mine, Petrol şi Gaze, **38**, nr. 9, 1987.

[17] Pârcălăbescu, D. I. *Zeoliţi decelaţi în roci colectoare şi protectoare ale unor zăcăminte de hidrocarburi fluide din România şi unele supoziţii de geneză.* Mine, Petrol şi Gaze, **39**, nr. 6, 1988.

[18] Stonecipher, A. S. *Chemistry and deep-sea phillipsite, clinoptilolite and host sediments.* Natural Zeolites. Pergamon Press, 1978.

[19] Tissot, B. P., Welte, D. H. *Petroleum formation and occurence.* Springer-Verlag, Berlin-New York, 1978.

[20] Tolstihin, I. N. *Izotopnaia gheohimia ghelia, argona i redkih gazov.* Nauka, Leningrad, 1986.

[21] Zverev, V. L. ş.a. *Radioizotopnaia gheohimia.* Iz. Nedra, Moskva, 1980.

## Din istoria petrolului românesc

# Începuturile exploatărilor petrolifere Băicoi, Ţintea şi Lileşti—Dîmbu

Pînă la reforma administrativă a lui Al. I. Cuza din anul 1864, Băicoi, Ţintea, Lileşti şi Dîmbu formau patru sate distincte ; după anul 1864 ele au fost comasate în două comune : Băicoi şi Ţintea. Schelele Băicoi, Ţintea şi Lileşti — Dîmbu şi-au păstrat însă profilul separat.

Cînd a început exploatarea petrolului în aceste trei schele (astăzi reunite într-una singură) ?

Cum nu rareori se întîmplă în istorie, data de început nu a fost consemnată, însă noi putem aprecia vechimea după cea mai veche atestare.

Care sînt cele mai vechi atestări pentru aceste exploatări petrolifere ?

Pentru exploatarea Ţintea prima atestare este un document din 22 noiembrie 1517, care semnalează, printre punctele de reper ale satului Ţintea (numit pe atunci şi Secăreni), „gropi cu păcură." Documentul este expus la Muzeul Republican al Petrolului din Ploieşti, în fotocopie. De altfel, în anul 1596, Giovanni Bottero Benese scria despre „uleiul mineral" din dealurile Ţintei (cum arată prof. C. M. Boncu în „Contribuţii la istoria petrolului românesc", 1971, p. 18)

Pentru exploatarea Lileşti, data cea mai veche de atestare este anul 1819 (Idem, a.c. p. 65). Aceasta nu înseamnă că exploatarea nu a început şi mai devreme : dar, neavînd alte mărturii, trebuie să ne mulţumim cu anul 1819.

Pentru exploatarea Băicoi, profesorul francez Vaillant nota puţurile din Băicoi în anii 1840—1844, indicîndu-le adîncimea şi producţia zilnică (Gh. Banaş „Din istoria petrolului românesc", 1957, p. 12 ; C. M. Boncu, a.c., p. 71). Dar, după cercetările noastre, prima dată de atestare nu este anul 1840, ci anul 1835. Într-adevăr, ing C.R. Mircea şi Gr. Filiti, în lucrarea „Petrolul — studiu ştiinţific şi economic" (1898, p. 359) arată că în anul 1835 exploatarea Păcureţi de Prahova a dat o producţie deosebită, dar că : „petrolul nu se extrăgea numai din Păcureţi, ci şi din Băicoi şi Matiţa .... ". Din acest context reiese aşadar că în anul 1835 se extrăgea petrol în Băicoi. Coroborarea cu alte date a confirmat această atestare.

Deci, primele atestări (pe care convenţional le putem considera începuturi) ale exploatării petrolului în cele trei schele sînt următoarele :

— exploatarea petrolieră Ţintea, 22.XI. 1517 ;

— exploatarea petrolieră Lileşti, 1819 ;

— exploatarea petrolieră Băicoi, 1835

Ca urmare, actuala schelă de producţie petrolieră Băicoi se numără printre cele mai vechi din ţară, din Europa şi chiar din întreaga lume.

**A. Moisin**

În zilele de 21—22 octombrie 1988, cu ocazia împlinirii a 40 de ani de existență, la Institutul de Petrol și Gaze din Ploiești a avut loc o Sesiune de comunicări științifice, onorată, la ședința de deschidere, de prezența tovarășului **Ion Frățilă**, prim-secretar al Comitetului județean Prahova al P.C.R.

Cuvîntul de deschidere al sesiunii l-a avut prof. dr. ing. **D. Săndulescu**, rectorul Institutului de Petrol și Gaze care a trecut în revistă succesele obținute de institut în cei 40 de ani de la înființare.

În cele 17 secții ale sesiunii au fost susținute circa 370 de lucrări științifice și două „mese rotunde".

La lucrări au participat, alături de cadre didactice și studenți din institut, specialiști din producție, cercetare-proiectare, cadre didactice din alte institute de învățămînt superior, specialiști din organizații centrale și alții.

Sesiunea de comunicări științifice, ocazionată de împlinirea a 40 de ani de existență de învățămînt superior în domeniul industriei petroliere din România, a constituit un bun prilej de afirmare a rezultatelor obținute în activitatea de extracție și prelucrare a hidrocarburilor din țara noastră, un util schimb de opinii asupra problemelor actuale și de perspectivă din industria petrolieră și a lărgit perspectiva colaborării dintre specialiștii din cercetare, producție și învățămînt, în soluționarea multiplelor probleme pe care le ridică creșterea continuă a producției de țiței, extinderea progresului tehnic în toate fazele de producție, creșterea productivității muncii în condițiile unei eficiențe economice, intensificarea eforturilor pentru înfăptuirea prevederilor Congresului al XIII-lea al P.C.R. în domeniul industrei extractive de petrol.

* * *

În intervalul 3—4 noiembrie 1988,a avut loc la Institutul de cercetări, inginerie tehnologică și de proiectare a lucrărilor de construcții și instalații pentru minereuri din Deva, Simpozionul *„Realizări noi în cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și introducerea progresului tehnic în industria extractivă de minereuri"*.

La respectiva manifestare au luat parte circa 170 de specialiști din cercetare-proiectare, producție, învățămînt superior, organe centrale și alții.

Cele 57 de lucrări înscrise în program au fost prezentate în plenul ședinței și în cele două secțiuni:

— Secțiunea Preparare — „Cercetări și rezultate obținute în domeniul preparării substanțelor minerale utile".

— Secțiunea Minerit — „Cercetări și rezultate în domeniul extracției, transportului, mecanizării și automatizării proceselor în ramura minereuri".

Lucrările simpozionului s-au constituit într-un util schimb de informații între participanți — specialiști din unitățile de cercetare și producție din sectoarele minier și al construcției de utilaje și echipamente miniere.

Problematica abordată în cadrul lucrărilor a răspuns cerințelor actuale și de perspectivă ale unităților miniere din ramura minereurilor metalifere și substanțe minerale nemetalifere și reprezintă rezultatul activității desfășurate în comun de unitățile de cercetare și producție.

* * *

*„Trăim o epocă de mari transformări revoluționare, de noi descoperiri științifice și tehnice, de lărgire a orizontului cunoașterii umane în toate domeniile de activitate. Iată de ce trebuie să spunem cu toată tăria că viitorul poporului nostru — ca de altfel al oricărui popor — va fi determinat în mod hotărîtor de nivelul învățămîntului și al cercetării științifice"* — acestea sînt cuvintele secretarului general al Partidului Comunist Român, tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU, rostite la deschiderea anului de învățămînt 1988—1989, și sub a căror egidă s-au desfășurat la Institutul de Mine Petroșani lucrările Sesiunii științifice *„Tehnici și tehnologii noi în industria minieră"* — cu ocazia împlinirii a 40 de ani de existență.

La această prestigioasă manifestare au luat parte, alături de cadrele didactice din Institutul de Mine și din alte centre de învățămînt superior din țară, specialiști din producție, cercetare-proiectare, din organizații centrale și obștești ș.a.

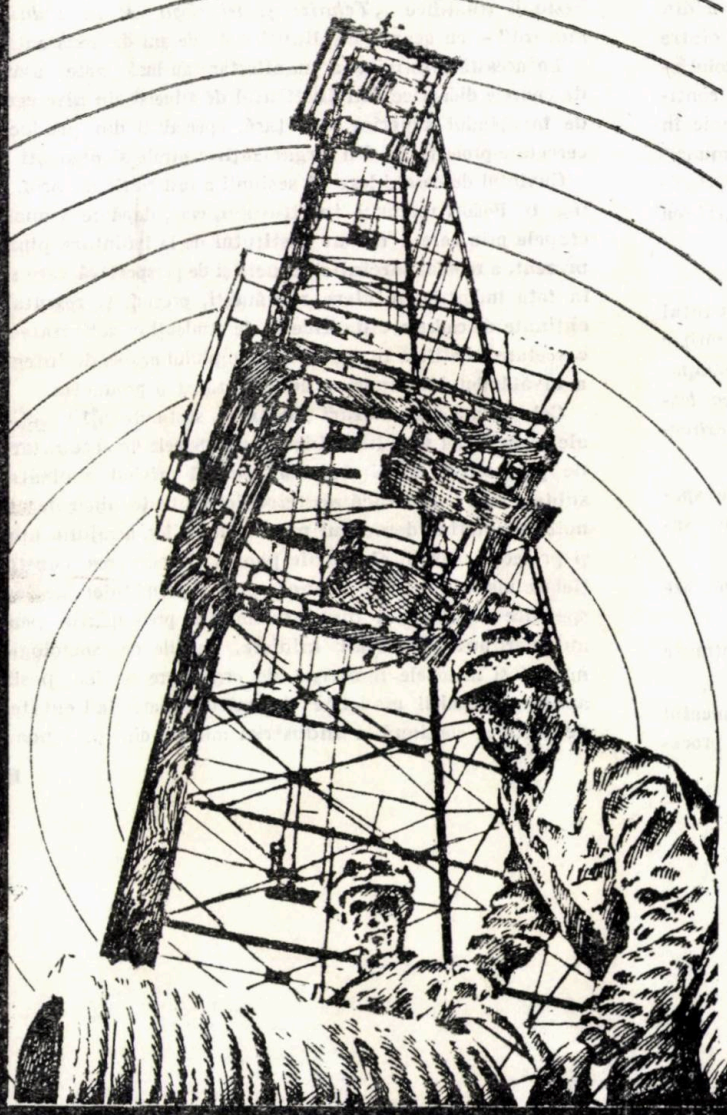
Cuvîntul de deschidere al sesiunii a fost rostit de prof. dr. ing. **D. Fodor,** rectorul institutului, care, după ce a analiza etapele prin care a trecut institutul de la înființare pînă în prezent, a reliefat sarcinile actuale și de perspectivă care stau în fața industriei miniere românești, precum și rezultatele obținute de cadrele didactice și de studenți în activitatea de cercetare științifică în contextul amplului proces de integrari a învățămîntului superior cu cercetarea și producția.

Cele circa 350 de lucrări științifice, susținute în 10 secțiune ale sesiunii, au scos în evidență problemele de actualitate și de perspectivă din industria minieră privind exploatarea subterană și la zi a zăcămintelor de substanțe minerale utile, noile orientări în domeniul mecanicii rocilor, aerajului minier și protecția muncii, eforturile pentru diversificarea construcției de mașini și utilaje miniere potrivi condițiilor geologice specifice zăcămintelor din țara noastră, preocupările pentru automatizarea proceselor miniere, studiile de sociologie a muncii și metodele moderne de organizare ce fac posibilă aplicarea tehnicii moderne de calcul, toate îndreptate în dezvoltarea continuă a industriei miniere din țara noastră

**E.V.**

MINISTERUL
PETROLULUI

# Intreprinderea de reparatii utilaj electric, automatizari si radiocomunicatii



EXECUTA:

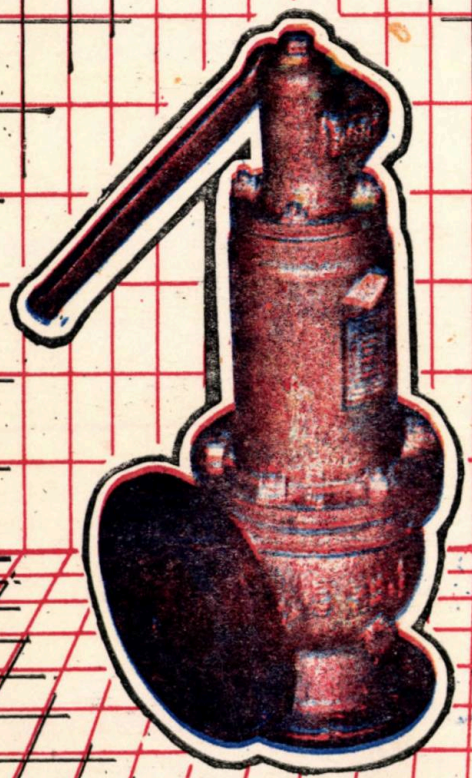
- confecţii de echipamente electrice, prefabricate de forţă, distribuţie, automatizări şi radiocomunicaţii specifice industriei petroliere;
- reparaţii de motoare, transformatoare, aparataje electrice;
- reparaţii şi confecţii de scule de foraj extracţie.
- activitate de service în legătură cu aceste activităţi.

IRUEAK CIMPINA,
str. Bobîlna nr. 44,
jud. PRAHOVA, telex 19
telex 19625,
telefon 973/35751, 35781,
36071.

CENTRALA GAZULUI METAN

# INTREPRINDEREA MECANICĂ GAZ METAN MEDIAS

IMGM



OFERĂ BENEFICIARILOR UTILAJE COMPLEXE ŞI PRODUSE CU CARACTER DE NOUTATE PENTRU INDUSTRIA DE PETROL ŞI GAZE:

- cuptor cu flacără directă pentru staţii de uscare gaze de 300.000 şi 600.000 kcal;
- unitate de producţie bloc, automatizată, tip UP-700x64;
- robinet cu sertar paralel acţionat pneumohidraulic Dn 400 mm, Pn 64 bar;
- filtru cu autocurăţire pentru gaze, Dn 300 mm, Pn 64 bar;
- pompă de înaltă presiune, Q=70 l/min, Pn 500 bar;
- instalaţie de uscare gaze cu dietilenglicoli.

IMGM MEDIAS, str. Aurel Vlaicu nr. 35 A, telefon 15864

**IPICCF**
harghita

**MINISTERUL TRANSPORTURILOR ŞI TELECOMUNICAŢIILOR**

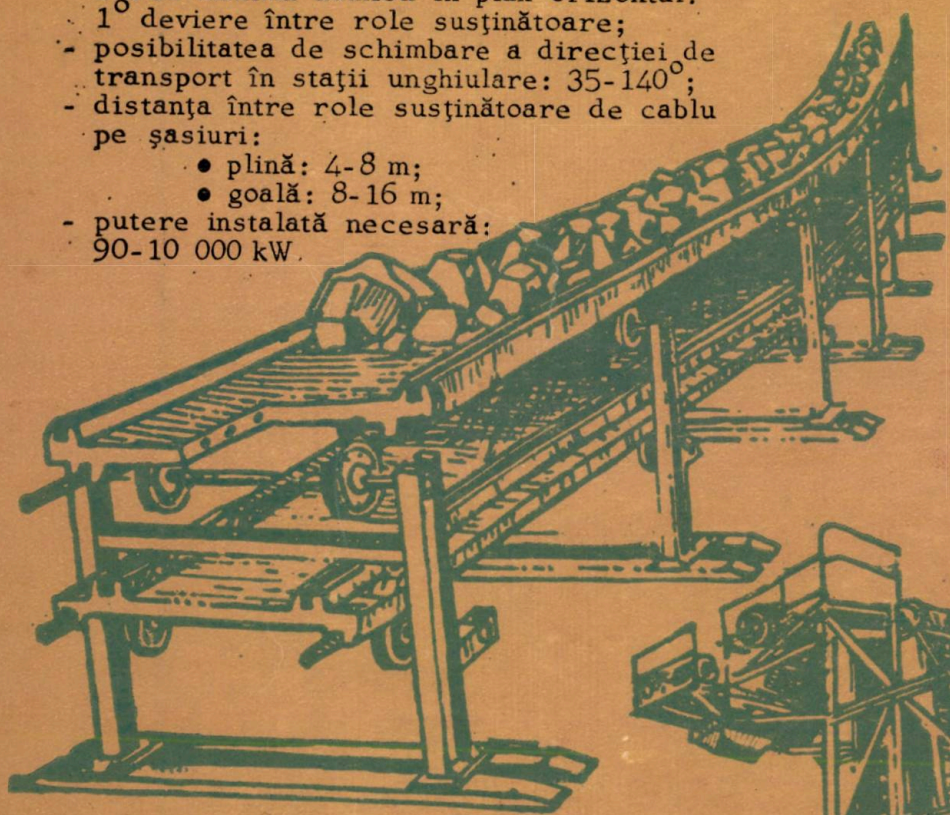
**CENTRALA ANTREPRIZĂ GENERALĂ DE CONSTRUCŢII CĂI FERATE BUCUREŞTI**

**INTREPRINDEREA DE PRODUCŢIE INDUSTRIALĂ PENTRU CONSTRUCŢII CĂI FERATE „HARGHITA" MIERCUREA-CIUC**

Str. Harghita 37
Tel. 958/13040...45
Telex 67248

## TRANSPORTOR CU BANDA PE CABLU DE OTEL, destinat transportului diferitelor materiale în vrac cu granulaţie mare sau fină, cu duritate mare sau redusă (minereuri de fier, cupru, bauxită sau alte minereuri neferoase, cărbune, materiale din descopertă, piatră spartă, nisip, sare, produse agricole).

- lungime de transport: 1-5 km - pînă la 10-20-50 km în perspectivă;
- viteza de transport: 1,6-6 m/s;
- capacitatea de transport: 400-6000 t/h;
- lăţimea benzii: 600-1200 mm;
- panta maximă de traseu: 10-18°;
- curba maximă admisă în plan orizontal: 1° deviere între role susţinătoare;
- posibilitatea de schimbare a direcţiei de transport în staţii unghiulare: 35-140°;
- distanţa între role susţinătoare de cablu pe şasiuri:
  - plină: 4-8 m;
  - goală: 8-16 m;
- putere instalată necesară: 90-10 000 kW.



## BANDA TRANSPORTOARĖ VERTICALA destinată transportului materialului granulat în vrac unde spaţiile tehnologice nu permit construirea unor transportoare clasice.

Transportul vertical funcţionează pe principiul benzilor sandvici: materialul este prins între două benzi de cauciuc, ridicat pe verticală şi susţinut între cele două benzi de forţele de frecare dintre materiale şi bandă.

| | |
|---|---|
| - înălţimea de ridicare | : 7,5...22,5 m; |
| - capacitatea de transport | : 120...130 t/h; |
| - material de transportat | : material în vrac; |
| - granulaţia | : 0...150 mm; |
| - viteza de transport | : 2...3 m/s; |
| - lăţimea benzii | : 1000 mm; |
| - puterea instalată: | |
| • pînă la h=12,5 m | ; 33,5 kW; |
| • pînă la h= 22,5 m | : 60 kW. |

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA * Vol. 40, februarie 1989

2

INSTITUTUL DE CERCETARI, INGINERIE TEHNOLOGICA SI PROIECTARI MINIERE PENTRU HUILA PETROSANI EFECTUEAZA:

- cercetari privind exploatarea, prepararea şi industrializarea cărbunelui;
- proiecte tehnologice şi documentaţii tehnico-economice pentru obiective de investiţii privind exploatarea, prepararea şi industrializarea cărbunelui, dezvoltarea unităţilor de fabricare şi reparaţii ale utilajelor miniere;
- cercetări şi proiecte privind mecanizarea şi automatizarea minelor, modernizarea şi asimilarea utilajelor specifice industriei cărbunelui;
- colaborări cu uzine constructoare de maşini din ţară şi străinătate privind adaptarea utilajului minier la condiţiile specifice din Valea Jiului;
- cercetări şi proiectări privind cooperarea externă în domeniul extracţiei şi preparării cărbunelui.

ICITPMH Petroşani, str. Mihai Viteazu nr. 3, cod 2675, judeţul Hunedoara.

E 1445


# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XL

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

Nr. 2 1989


MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT

## CUPRINS


*Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I.* **Analiza şi sinteza poziţională a mecanismului de echidistanţare la o susţinere de mare înălţime** 58

*Chiseliţă, I., Andreşan Mona* **Procesul de modernizare în proiectarea şi realizarea turnurilor pentru săparea puţurilor miniere** 61

*Cornea, Z.* **Coeficientul aerodinamic unitar al coloanelor metalice de aeraj parţial** 67

*Ciroie, L.* **Studiu privind repartizarea granulometrică a particulelor şi a conţinutului de substanţă utilă dintr-un circuit de măcinare a minereului în două trepte** 71

*Enache, C.* **Folosirea filtrelor înclinate vacuumate la săparea lucrărilor miniere de deschidere şi pregătire în stratele de lignit cu nisip acvifer în acoperişul direct** 74

*Damian, Gh.-Şt., Pop, N., Pop, V.* **Particularităţile mineralogice şi chimice ale filonului Mihai—Ilba şi implicaţiile acestora în probarea tehnologică** 77

*Pavel, A.* **O formă generală a unui criteriu de securitate tehnică** 82

*Dobrinescu, D.* **Optimizarea unui sistem de schimb de căldură multiflux** 88

*Antonescu, L., Manea Floarea* **Modificări chimico-structurale ale mineralelor argiloase sub influenţa unor parametri tehnologici** 97

*Todros, C.* **Eficienţa în activitatea geologică** 102



### COLEGIUL DE REDACŢIE

***Preşedinte :*** ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu** ; *vicepreşedinţi :* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru** ; *membri :* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.285 : 622.272.3

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *Analiza şi sinteza poziţională a mecanismului de echidistanţare la o susţinere de mare înălţime*

Este prezentat un mecanism pentru susţineri miniere cu gamă largă de înălţime, obţinut prin amplificarea unui mecanism patrulater cu o diadă de tip RRR. Se prezintă, de asemenea, algoritmul aferent pentru analiza cinematică poziţională a mecanismului. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.252

Chiseliţă, I., Andreşan Mona *Procesul de modernizare în proiectarea şi realizarea turnurilor pentru săparea puţurilor miniere*

După analiza detaliată a obiectivelor majore ale conceptului de „modern" în proiectare, sînt enumerate cerinţele care trebuie avute în vedere la proiectarea turnurilor pentru săpări de puţuri miniere.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.457

Cornea, Z. *Coeficientul aerodinamic unitar al coloanelor metalice de aeraj parţial*

Autorul prezintă regimul hidraulic de curgere a aerului în coloanele de aeraj, stabilind limitele de variaţie a coeficientului aerodinamic unitar şi importanţa acestuia în exploatarea instalaţiilor de aeraj parţial.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.735

Ciroie, L. *Studiu privind repartizarea granulometrică a particulelor şi a conţinutului de substanţă utilă într-un circuit de măcinare a minereului în două trepte*

Se prezintă un studiu al circuitului de măcinare de la uzina Rodna—Făget, în care s-au urmărit granulometria minereului şi conţinutul de substanţă utilă în produsele circuitului. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.223/24 : 622.332 : 622.531

Enache, C. *Folosirea filtrelor înclinate vacuumate la săparea lucrărilor miniere de deschidere şi pregătire în stratele de lignit cu nisip acvifer în acoperişul direct*

Sînt analizate : alegerea înclinării optime, instalaţia de vacuumare, tehnologia de lucru şi se ajunge la concluzia că filtrele înclinate vacuumate au avantajul că preiau afluxul de apă în faţa şi nu în spatele frontului de lucru.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.02

Damian, Gh.-Şt., Pop, N., Pop, V. *Particularităţile mineralogice şi chimice ale filonului Mihai—Ilba şi implicaţiile acestora în probarea tehnologică*

Autorii prezintă cadrul geologic şi structural în care este localizată mineralizaţia, condiţiile de zăcămînt, compoziţia mineralogică şi distribuţia componenţilor utili în corpul de minereu, evaluarea gradului de alterare a mineralizaţiei pe criterii mineralogice, precum şi metodologia de probare tehnologică.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 620.19

Pavel, A. *O formă generală a unui criteriu de securitate tehnică*

Valorificînd fundamentele rezistenţei clasice a materialelor, teoriei stabilităţii mecanostatice a structurilor, mecanicii fracturării sistemelor omonime sau tehnomecanice şi teoriei moderne a fiabilităţii, autorul enunţă un criteriu ingineresc de securitate tehnică. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.24.05

Dobrinescu, D. *Optimizarea unui sistem de schimb de căldură multiflux*

Se prezintă optimizarea unui sistem concret de schimb de căldură în care, cu un singur flux de fluid cald, se încălzesc două fluxuri de fluide reci. Se analizează schemele cu două schimbătoare în serie şi cu două schimbătoare în paralel.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 665.53:66.097.7:66.092.4

Antonescu, L., Manea Floarea *Modificări chimico-structurale ale mineralelor argiloase sub influenţa unor parametri tehnologici*

Se prezintă influenţa temperaturii în timp şi în atmosferă umedă asupra mobilităţii elementelor Na şi K, din structura mineralelor argiloase, care pot fi utilizate ca suport pentru catalizatori microsferici de tip zeolitic utilizaţi la craca-rea catalitică a benzinelor. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 55

Todros, C. *Eficienţa în activitatea geologică*

Sînt analizaţi principalii indicatori ai activităţii geologice, criteriile de evaluare a eficienţei economice, precum şi aplicarea criteriilor de evaluare a eficienţei. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

# CONTENTS


C.Z. 622.285 :622.272.3

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *The positional analysis and synthesis of the mecanism for the setting at equal distances of high supports*

A mechanism for various height supports is presented; it is the result of the amplification of a quadrilateral mechanism with a RRR diade. The afferent algorythm for the positional kinematic analysis of the mechanism is also presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.252

Chiseliţă, I., Andreşan Mona *The modernisation of the designing and building of shaft sinking towers*

After a detailed analysis of the main targets regarding the concept of ,,modernisation'' in the activity of design, the requirements which should be considered when designing shaft sinking towers are mentioned.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.457

Cornea, Z. *The unitary aerodynamic coefficient of metal ventilation shafts*

The author presents the hydraulic form of air flow in ventilation shafts, establishing the variation limits of the unitary aerodynamic coefficient and its importance for local ventilation instalations.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.735

Ciroie, L. *On the granulometric distribution of particles and the useful substance content in a two-stage grinding circuit*

A study concerning the grinding circuit at the Rodna-Făget plant is presented, where the ore's granulometry and useful substance content in the circuit products have been studied.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.223/24 :622.332 :622.531

Enache, C. *The utilization of vacuumed inclined filters when developing and preparing drivages in lignite seams having an acviferous sand roof*

The choosing of the optimum inclination, the vacuumed instalation and the work method are analysed; the authors reach the conclusion that the vacuumed inclined filters have the advantage of taking over the water inflow ahead and behind the face.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.02

Damian, Gh.-Şt., Pop, N., Pop, V. *Mineralogical and chemical properties of the Mihai—Ilba lode and their importance for the technological sampling*

The authors present the geological and structural background of the respective mineralization, the deposit conditions, the mineralogical composition and the distribution of valuable components in the mineral, the estimation of the alteration degree of the mineralization on mineralogical criteria, as well as the technological sampling methodology.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 620.19

Pavel, A. *A general aspect of a technical security criterion*

Taking into account the classical aspects of the strength of materials, the theory regarding the mechano-static stability of structures, the mechanics of homonymous or thermo-mechanic systems fracturing as well as the modern theory of feasability, the author sets forth an engineering criterion of technical security.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.24.05

Dobrinescu, D. *The optimisation of a multiflux heat exchange system*

The optimisation of a real heat exchange system is presented, in which, with a single warm fluid flux, two cold fluid fluxes are warmed. The schemes with two exchangers in parallel are analysed. The author reaches the conclusion that the latter scheme is most economical, minimalizing the overall cost of exchangers. The general principles are presented and the established optimisation methods are used in designing the different multiflux heat exchange systems.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 665.53:66.097.7:66.092.4

Antonescu, L., Manea Floarea *Chemico-structural changes of the argillaceous minerals, under the influence of some technological parameters*

The article presents the influence of temperature in time and in a wet atmosphere on the mobility of Na and K elements in the argillaceous mineral structure, which can be used as support for the zeolitic microspherical catalisators which are utilised for the catalitic cracking of benzines.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 55

Todraş, C. *The efficiency of geological activities*

The main factors connected with the geological activities, the criterions for the assessment of their economic efficiency as well as their utilization are analysed.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989


---

# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.285 :622.272.3

Замфир, В., Илиаш, Н., Андраш, И. *Анализ и позиционный синтез механизма установления равного расстояния на крепь большой высоты*

Представлен механизм для горных крепей с широким диапазоном высоты, полученный усилением четырёхугольного механизма диядой типа PPP. Представлен и соответствующий алгоритм для кинематического позиционного анализа механизма.

Ключевые слова: механизм, крепь, большая глубина, алгоритм.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

C.Z. 622.252

Киселицэ, И., Андрешан Мона *Процесс модернизации проектирования и осуществления башней для проходки горных стволов*

После детального анализа основных видов концепта ,,современного'' в проектировании перечислены учитывающие требования при проектировании башней для проходки шахтных стволов.

Ключевые слова: модернизация, проектирование, башня, проходка, горные стволы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.457

Корня, З. *Единичный аэродинамический коэффициент металлических вентиляционных колонн*

Автор представляет гидравлический режим течки воздуха в вентиляционные колонны, устанавливая пределы изменения аэродинамического единичного коэффициента и его важность при эксплуатации установок частичной вентиляции.

Ключевые слова: аэродинамический коэффициент, вентиляционные колонны, изменение.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.735

Чироe, Л. *Изучение гранулометрического распределения частиц и содержания полезного вещества в цепи двустадийного измельчения руды*

Представлено изучение цепи измельчения завода Родна — Фэджет следуя гранулометрический состав руды и содержание полезного вещества в изделиях измельчения.

Ключевые слова: гранулометрический состав, измельчение, изделия, завод Родна.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.223/24 :622.332 :622.531

Энаке, К. *Использование наклонных вакуумных фильтров для проведения раскрышных и подготовительных горных выработок в лигнитных пластах с водоносными песками в непосредственной кровле*

Представлены: выбор оптимального наклона, вакуумная установка, технология работы. Пришли к выводу, что наклонные вакуумные фильтры получают приток воды прямо, а не за фронтом работ.

Ключевые слова: вакуумные фильтры, выработки, лигнитные пласты, технология.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.02

Дамиан, Ф.-Ш т., Поп, Н., Поп, В. *Минералогические и химические особенности залежи Михай — Илба и их последствия для технологического испытания проб*

Авторы представляют геологические и структурные условия в которых размещена минерализация, условия месторождения, минералогический состав и распределение полезных ископаемых в жиле, оценка уровня выветривания по минералогическим критериям, а также методика технологического испытания проб.

Ключевые слова: особенности, залежь, технологическое испытание, проба, полезные ископаемые, оценка, методика.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 620.19

Павел, А. *Общая форма критерия технической безопасности*

Выявляя фундаменты классической прочности материалов, механостатической стабильности структур, механики разрыва термомеханических систем и систем одной фамилии и современной теории прогрессивности, автор представляет инжинерный критерий технической безопасности.

Ключевые слова: критерий, техническая безопасность, механика, структура, система, разрыв.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.24.05

Добринеску, Д. *Оптимизация системы многопоточного теплообмена*

Представлена оптимизация конкретной системы теплообмена в которой единственным потоком тёплого флюида утопляются два потока холодных флюидов. Анализированы схемы с двумя последовательно и с двумя параллельно соединёнными обменниками. Следует, что последняя схема самая экономичная и для этого минимизирована стоимость обменников. Общие представленные принципы и методы оптимизации, полезные для проектирования разных систем многопоточного теплообмена.

Ключевые слова: оптимизация, теплообмен, флюид, схема, стоимость.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 665.53 :66.097.7 :66.092.4

Антонеску, Л., Маня Флоаря *Химико-структурные изучения глинистых минералов под влиянием технологических параметров*

Представлено влияние температуры во время и при мокрой атмосфере на мобильность элементов Na и K в структуре глинистых минералов, которые могут быть использованы как основа для микросферических катализаторов зеолитного типа, используемых для каталитического крекирования бензенов.

Ключевые слова: изменение, глинистые минералы, технологические параметры, элементы, катализатор, крекинг, бензен.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 55

Тодрос, К. *Эффективность геологической деятельности*

Анализированы основные показатели геологической деятельности, критерии оценки экономической эффективности, а также применение эффективности.

Ключевые слова: эффективность, геологическая деятельность, критерий, оценка, показатель.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

# SOMMAIRE


C.Z. 622.285 : 622.272.3

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *L'analyse et la synthèse positionelle du mécanisme d'équidistantion à un soutènement de grande hauteur*

On présente un mécanisme pour les soutènements miniers à game vaste de hauteur, obtenu par l'amplification d'un mécanisme quadrilatère avec une dyade de type RRR. On présente en même temps l'algorythme afférent pour l'analyse cinématique positionelle du mécanisme.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.252

Chiseliţă, I., Andreşan Mona *Le processus de modernisation dans la projection et la réalisation des affût pour le fonçage des puits de mine*

Après l'analyse détaillee des objectifs majeures du concèpte de ,,modèrne'' dans la projéction, on énumère les demandes qu'on doit avoir en vue dans la projéction des affûts pour le fonçage des puits de mine.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.457

Cornea, Z. *Le coéfficient aérodynamique unitaire des gaines métalliques d'aérage*

L'auteur présente le régime hydraulique d'écoulement de l'air dans les gaines d'aérage, en établissant les limites de variation du coéfficient aérodynamique unitaire et l'importance de celui -ci dans l'exploitation des installations d'aérage partiel.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.735

Ciroie, L. *Etude concernant la répartition granulométrique des particules et du contenu de substance utile dans un circuit de broyage du minerais en deux étapes*

On présente un étude du circuit de broyage de l'usine Rodna — Făget dans lequel on a poursuivi la granulométrie du minerais et le contenu de substance utile dans les produits du circuit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.223/24 :622.332 :622.531

Enache, C. *L'utilisation des filtres inclinés vacuumés au fonçage des travaux miniers d'ouverture et préparatoires dans des couches de lignite à contenu de sable aquifère dans le toit directe*

On analyse : le choix de l'inclinaison optime, l'installation de vacuumage, la téchnologie de travail et on arrive à la conclusion que les filtres inclinés vacuumés ont l'avantage qu'ils prennent l'afflux d'eau en face et non pas derrière le front de travail.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr, 2, 1989

---

C.Z. 622.02

Damian, Gh.-Şt., Pop, N., Pop, V. *Les particularités minéralogiques et chimiques du filon Mihai-Ilba et les implications de celles-ci dans l'essayage technologique*

Les auteurs présentent le cadre géologique et structural dans lequel est localisée la minéralisation, les conditions de gisement, la composition minéralogique et la distribution des componentes utiles dans le corps de minerais, l'évaluation du degré d'altération de la minéralisation selon les critères minéralogiques, de même que la méthodologie d'essayage technologique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 620.19

Pavel, A. *Une forme générale d'un critère de sécurité technique*

Par la valorisation des fondaments de la résistance classique des matériaux, de la théorie de la stabilité mécanostatique des structures, de la mécanique de la fracturation des systèmes homonymes ou thérmomécanique et de la théorie moderne de la fiabilité, l'auteur énonce un critère de sécurité technique de point de vue de l'ingénieur.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.24.05

Dobrinescu, D. *L'optimisation d'un système d'échange de chaleur multiflux*

On présente l'optimisation d'un système concret d'échange de chaleur dans lequel, avec un seul flux de liquide chaud, on chauffe deux flux de fluides froids. On analyse les schémas à deux échangeurs en série et à deux échangeurs en paralèlle. On arrive à la conclusion que le dernier schéma est le plus économique, pour cela minimalisant le coût globale des échangeurs. Les principes généraux enoncés et les méthodes d'optimisation établies sont utiles dans la projéction des différents systèmes d'échange de chaleur multiflux.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 665.53:66.097.7:66.092.4

Antonescu, L., Manea Floarea *Modifications chimiques structurales des minérales sous l'influence de certains paramètres technologiques*

On présente l'influence de la température en temps et en athmosphère humide sur la mobilité des élements Na et K, de la structure des minéraux argileux, qui peuvent être utilisés comme support pour les catalizateurs microsphériques de type zéolitique utilisés au craquage catalitique des essences.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 55

Todros, C. *L'éfficience dans l'activité géologique*

On analyse les principaux indicateurs de l'activité géologique, les critères d'évaluation de l'éfficience économique, de même que l'application des critéres d'évaluation de l'éfficience.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

# INHALT

C.Z. 622.285 : 622.272.3

Zamfir, V., Iliaş, N., Andraş, I. *Positionsanalyse und -synthese eines abstandsgleichhaltenden Mechanismus an einer Ausbauausrüstung für grosse Teufen*

Vorgestellt wird ein Mechanismus für ein breites Höhenbereich, welches durch die Erweiterung eines Viereckwerkes mit einer Dyade des Typs RRR erreicht wurde. Ebenfalls wird der zugehörige Algorithmus für die kinematische Positionsanalyse des Mechanismus vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.252

Chiseliţă, I., Andreşan Mona *Der Prozess der Modernisierung in der Planung und der Ausführung der Fördertürme bei der Schachtabteufungen*

Nach der ausführlichen Überprüfung der Hauptaufgaben des Begriffes ,,modern'' in der Planung, werden die Forderungen vorgestellt, welche bei der Planung der Fördertürme für Schachtabteufungen berücksichtigt werden müssen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.457

Cornea, Z. *Der einheitliche aerodynamische Koeffizient der metallischen Wetterungslutten*

Der Verfasser stellt die hydraulische Strömungsverhältnisse der Wetter in den Wetterungslutten vor, wobei die Schwankungsgrenzen des einheitlichen aerodynamischen Koeffizientes und seine Bedeutung in dem Betrieb der Teilwetterungsanlagen festgestellt wird.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.735

Ciroie, L. *Untersuchung der Korngrössenaufteilung und des Nutzstoffgehaltes in einer zwei — stufigen Erzmahllinie*

Vorgestellt wird die Untersuchung einer Mahllinie bei dem Werk Rodna — Făget in welcher die Korngrösse des Erzes und das Nutzstoffgehalt in den Produkten der Linie verfolgt werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.223/24 :622.332 :622.531

Enache, C. *Die Anwendung der geneigten Vakuumfilter bei den Aus — und Vorrichtungsarbeiten in Lignitflözen mit wasserhaltigem Sand in dem unmittelbaren Hangenden*

Überprüft werden : die Wahl der optimalen Neigung, die Vakuumanlage, die Arbeitstechnologie und die Schlussfolgerung wird erreicht dass die geneigten Vakuumfilter den Vorteil haben den Wasserzufluss vor dem Arbeitsstoss und nicht hinter diesem zu übernehmen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.02

Damian, Gh.-Şt., Pop, N., Pop, V. *Die mineralogischen und chemischen Eigenschaften des Ganges Mihai—Ilba und ihre Auswirkungen auf die technologischen Probenuntersuchung*

Die Verfasser stellen den geologischen und strukturellen Rahmen, in welchem die Mineralisation sich befindet, die Lagerstättenbedingungen, die mineralogische Zusammensetzung und die Aufteilung der nutzlichen Komponente in dem Erzkörper, die Bestimmung des Verwitterungsgrades der Mineralisation nach mineralogischen Kriterien sowie die Methodologie der technologischen Probenuntersuchung, vor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 620.19

Pavel, A. *Die allgemeine Form eines technischen Sicherheitskriteriums*

Unter Anwendung der Grundsätze der klassischen Werkstoffestigkeitslehre, der Theorie der mechano-statischen Stabilität der Strukturen, der Mechanik der Rissbildung in den homonymen oder thermomechanischen Systeme und der modernen Theorie der Zuverlässigkeit, stellt der Verfasser ein technisches Sicherheitskriterium des Ingeneurwesens, vor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 622.24.05

Dobrinescu, D. *Die Optimierung eines Mehrstromwärmeaustauschungssystems*

Vorgestellt wird die Optimierung eines konkreten Wärmeaustauschungssystems in welchem mit einem einzigen warmen Flüssigkeitsstrom zwei kalten Flüssigkeitsströme erwärmt werden. Überprüft werden die Anordnungen mit zwei reihengeschalteten und mit zwei parallel geschalteten Wärmetäuschern. Man erreicht die Schlussfolgerung dass die letztere Anordnung wirtschaftlicher ist und zu diesem Zweck werden die Globalkosten der Wärmetäuscher minimiert. Die vorgestellten allgemeinen Grundsätze und die festgestellten Optimierungsmethoden dienen der Entwicklung verschiedener Mehrstromwärmeaustauschungssysteme.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1988

---

C.Z. 665.53:66.097.7:66.092.4

Antonescu, L., Manea Floarea *Chemisch-strukturelle Änderungen der tonhaltigen Mineralien unter dem Einfluss einiger technologischer Parameter*

Vorgestellt wird der Einfluss der Temperatur, zeitlich, und in feuchter Atmosphäre, auf die Mobilität der Elemente Na und K aus der Struktur der tonhaltigen Mineralien, welche als Träger für die mikrosphärischen Katalysatoren des zeolitischen Typs, für die das katalytische Kracken der Benzine angewendet werden können.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

C.Z. 55

Todros, C. *Effizienz in der geologischen Tätigkeit*

De Hauptkennzahlen der geologischen Tätigkeit, die Auswertungskriterien der Wirtschaftlichkeit und die Anwendung dieser Kriterien werden überprüft.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 2, 1989

---

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare documentară pentru industria minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul : Întreprinderea poligrafică ,,Informaţia'', str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2774
**Preţul : 13 lei/exemplar**
Grafica : A. Socaciu

# Analiza şi sinteza poziţională a mecanismului de echidistanţare la o susţinere de mare înălţime

Conf. dr. ing. **V. Zamfir**
prof. dr. ing. **N. Iliaş**
şef lucr. ing. **I. Andraş**
Institutul de Mine Petroşani

## I. Introducere

Majoritatea echipamentelor de susţinere mecanizată folosite în abatajele cu front lung sînt de tipul cu scut de îngrădire, avînd în structura lor un mecanism patrulater ce le asigură, pe de o parte, echidistanţarea faţă de frontul abatajului la extinderea pe înălţime şi, pe de altă parte, le conferă o bună stabilitate la preluarea forţelor orizontale, dirijate de la front, la spaţiul exploatat.

Cu asemenea susţineri se pot extrage fîşii cu grosimi de pînă la 5 — 5,5 m, avînd lungimi de bare ale mecanismului patrulater conţinut în limite acceptabile. Pentru extragerea unor felii cu grosimi de 6 m şi mai mari au apărut construcţii de echipamente de susţinere în care mecanismul de echidistanţare din componenţa lor este mai complex decît mecanismul patrulater şi care amplifică posibilităţile acoperirii unor înălţimi mari de abataj, fără ca lungimile barelor lanţului cinematic interpus între grindă şi talpă să ajungă la valori neacceptabile. Un asemenea echipament de susţinere, arătat în figura 1, a fost construit de firma britanică Dowty.

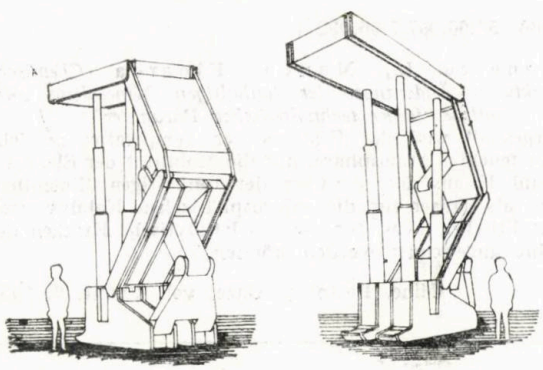


Fig. 1

În cele ce urmează, autorii încearcă să prezinte bazele teoretice pentru sinteza şi analiza structurală, analiza şi sinteza cinematică poziţională a acestui tip de susţinere.

## II. Sinteza şi analiza structurală

Schema pentru sinteza şi analiza structurală este arătată în figura 2, din care se deduce că structura acestei susţineri rezultă prin amplificarea structurii mecanismului patrulater cu o grupă structurală assurică de aspectul *1* (diadă de tip *RRR*). Analiza structurală se realizează pe cale inversă.

Semnificaţia notaţiilor din figura 2 este următoarea :

— structura închisă $A_0B_0B_1A_1$, formată din baza *O*, balansierele *4* şi *5* şi biela *3*, constituie mecanismul patrulater de bază ;

— structura deschisă *MGF*, formată din elementele *6* şi *7*, constituie grupa structurală assurică de aspectul *1* (diada de tip *RRR*).

Ataşarea diadei *MGF* se realizează prin legarea cuplelor potenţiale *M* şi *F* la elementul bielă *3*, respectiv la balansierul *4* ale mecanismului patrulater iniţial. Se obţine o structură de mecanism complex, format din şase elemente şi şapte cuple cinematice (articulaţii). Este uşor de observat că mecanismul complex obţinut derivă din lanţul cinematic Watt cu $e = 6$ elemente cinematice şi $c = 7$ cuple cinematice, prin rigidizarea elementului *O*.

Prin urmare, secţia de susţinere despre care este vorba în această lucrare asigură echidistanţarea grinzii la front şi stabilitatea pe direcţie front-spaţiu exploatat printr-un mecanism complex derivat din clasicul lanţ cinematic Watt.

În această structură, punctul de interes este punctul *R* (articulaţia dintre grindă şi scut) care trebuie să aibă o traiectorie rectilinie şi verticală.

În figura 2 este arătată şi schema cinematică simplificată a secţiei de susţinere.

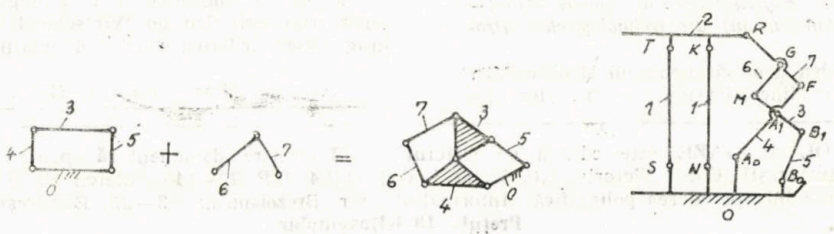


Fig. 2

## III. Analiza cinematică

Pentru analiza cinematică poziţională a mecanismului de echidistanţare, acesta se consideră descompus în diada $MGF$ şi mecanismul patrulater $A_0B_0B_1A_1$ şi raportat la sistemul de referinţă plan $XOY$.

1. *Analiza cinematică poziţională a mecanismului patrulater*

Analiza cinematică a mecanismului patrulater $A_0B_0B_1A_1$ se realizează după modelul din [3], considerînd, conform cu figura 3, ca parametru independent unghiul $\alpha$, de pantă al laturii $A_0A_1$ şi are drept scop final găsirea expresiilor coordonatelor punctelor $M$ şi $F$ în funcţie de unghiul $\alpha$.

Cu notaţiile din figura 3, coordonatele articulaţiilor $M$ (punct pe prelungirea barei $A_1B_1$)

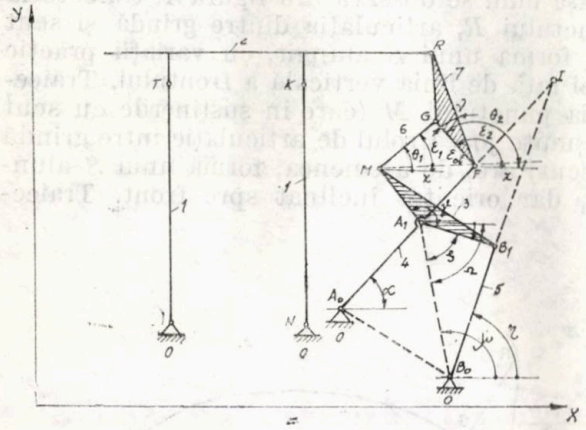


Fig. 3

şi $F$ (punct pe prelungirea barei $A_0A_1$) se pot exprima, prin relaţiile următoare, în funcţie de unghiul $\alpha$:

- coordonatele punctului $F$:

$$X_F = X_{A_0} + A_0F\cos\alpha; \tag{1}$$

$$Y_F = Y_{A_0} + A_0F\sin\alpha; \tag{2}$$

—coordonatele punctului $M$:

$$X_M = X_{A_1} + A_1M\cos(\gamma + \varphi); \tag{3}$$

$$Y_M = Y_{A_1} + A_1M\sin(\gamma + \varphi), \tag{4}$$

în care:

$$\varphi = \zeta - \Omega \tag{5}$$

$$\zeta = \arccos\frac{A_1B_1^2 + B_0A_1^2 - B_0B_1^2}{2A_1B_1 \cdot B_0A_1}; \tag{6}$$

$$\Omega = \pi - \mu; \tag{7}$$

$$\mu = \operatorname{arc\,tg}\frac{Y_{A_1} - Y_{B_0}}{X_{B_1} - X_{B_0}}; \tag{8}$$

$$B_0A_1 = \sqrt{(X_{A_1} - X_{B_0})^2 + (Y_{A_1} - Y_{B_0})^2}; \tag{9}$$

$$A_1B_1 = \sqrt{(X_{A_1} - X_{B_1})^2 + (Y_{A_1} - Y_{B_1})^2}; \tag{10}$$

$$B_0B_1 = \sqrt{(X_{B_1} - X_{B_0})^2 + (Y_{B_1} - Y_{B_0})^2}; \tag{11}$$

$$X_{A_1} = X_{A_0} + A_0A_1\cos\alpha; \tag{12}$$

$$Y_{A_1} = Y_{A_0} + A_0A_1\sin\alpha; \tag{13}$$

$$X_{B_1} = X_{A_1} + A_1B_1\cos\varphi; \tag{14}$$

$$Y_{B_1} = X_{A_1} + A_1B_1\sin\varphi; \tag{15}$$

$$\gamma = \arccos\frac{A_1M^2 + A_1B_1^2 - B_1M^2}{2\,A_1M \cdot A_1B_1}. \tag{16}$$

2. *Analiza cinematică poziţională a diadei MGF*

Cunoscînd coordonatele articulaţiilor $M$ şi $F$ (determinate mai sus) şi lungimile barelor ce formează diada, analiza cinematică poziţională se realizează după modelul prezentat în [2], pentru diada de aspectul $RRR$.

Calculele, desfăşurîndu-se în următoarea succesiune, au ca scop final determinarea coordonatelor punctelor $R$ şi $G$.

a. Se determină mai întîi distanţa variabilă $MF$ ce închide conturul deschis $MGF$:

$$MF = \sqrt{(X_M - X_F)^2 + (Y_M - Y_F)^2}. \tag{17}$$

b. Se alege $MF$ drept direcţie de referinţă şi se calculează unghiul $\varkappa$ de poziţionare a axei $X$ pozitive, faţă de ea:

$$\varkappa = \operatorname{arc\,tg}\frac{Y_F - Y_M}{X_F - X_M}. \tag{18}$$

c. Aplicînd teorema cosinusului în triunghiul variabil $MGF$, se pot determina unghiurile $\varepsilon_1$ şi $\varepsilon_2$ pe care le fac laturile $MG$ şi respectiv $FG$ cu dreapta de referinţă $MF$:

$$\varepsilon_1 = \arccos\frac{MG^2 + MF^2 - FG^2}{2\,MG \cdot MF}; \tag{19}$$

$$\varepsilon_2 = \pi - \varepsilon_2^*; \tag{20}$$

$$\varepsilon = \arccos\frac{FG^2 + MF^2 - MG^2}{2\,FG \cdot MF}. \tag{21}$$

d. Unghiurile de pantă ale elementelor *MG* și respectiv *FG* rezultă acum ușor, din expresiile :

$$\theta_{1,2} = \varepsilon_{1,2} + \varkappa. \qquad (22,23)$$

O b s. Unghiul $\varkappa$ se consideră unghi orientat.

e. Cunoscînd unghiurile $\theta_{1,2}$ și lungimile laturilor *MG*, *FG* și *FR* și configurația elementului *FGR* prin unghiul $\nu$, se pot determina ușor coordonatele articulațiilor *G* și *R* :

$$X_G = X_F + FG \cos \theta_2; \qquad (24)$$

$$Y_G = Y_F + FG \sin \theta_2; \qquad (25)$$

$$X_G = X_M + MG \cos \theta_1; \qquad (26)$$

$$Y_G = Y_M + MG \sin \theta_1. \qquad (27)$$

Coordonatele articulației *R* :

$$X_R = X_F + FR \cos (\theta_2 \mp \nu); \qquad (28)$$

$$Y_R = Y_F + FR \sin (\theta \mp \nu). \qquad (29)$$

O b s. Semnul (−) la argumentul funcțiilor cos și sin din relațiile (28) și (29) corespunde cazului cînd unghiul $\nu$ este măsurat în sens orar, iar semnul (+) cazului de măsurare în sens trigonometric, față de direcția *FG*. Pentru cazul reprezentat în figura 3 se va lua (−).

Parametrul independent teoretic $\alpha$ ia valori în domeniul $[\alpha_{min}, \alpha_{max}]$, [3 ; 4] :

$$\alpha_{min} = \arccos \frac{(A_0A_1+A_1B_1)^2+A_0B_0^2-B_0B_1^2}{2(A_0A_1+A_1B_1) \cdot A_0B_0} - \beta; \qquad (30)$$

$$\alpha_{max} = \arccos \frac{A_0A_1^2+A_0B_0^2-(B_0B_1+A_1B_1)^2}{2\,A_0A_1 \cdot A_0B_0} - \beta \qquad (31)$$

în care :

$$\beta = \pi - \operatorname{arc\,tg} \frac{Y_{A_0} - Y_{B_0}}{X_{A_0} - X_{B_0}}. \qquad (32)$$

O deosebită importanță are, în calculele cinetostatice, cunoașterea poziției centrului instantaneu al bielei *3* — punctul I ale cărui coordonate se pot afla în funcție de unchiul $\alpha$ cu expresiile [3 ; 5] :

$$X_I = \frac{A - B}{C - D}; \qquad (33)$$

$$Y_I = DX_I + A, \qquad (34)$$

în care :

$$A = \frac{X_{A_1^*}Y_{A_0} - X_{A_0}Y_{A_1^*}}{X_{A_1^*} - X_{A_0}}; \quad B = \frac{X_{B_1^*}Y_{B_0} - X_{B_0}Y_{B_1^*}}{X_{B_1^*} - X_{B_0}}; \qquad (35)$$

$$C = \frac{Y_{B_1^*} - Y_{B_0}}{X_{B_1^*} - X_{B_0}}; \quad D = \frac{Y_{A_1^*} - Y_{A_0}}{X_{A_1^*} - X_{A_0}}.$$

O b s. Asteriscul din relațiile (35) atrage atenția că este vorba de coordonate variabile.

Fazele de calcul expuse, raportate la o susținere de mare înălțime (7 m), au fost transcrise într-un program de calcul în limbaj BASIC pentru microcalculatorul aMIC și cu ajutorul rezultatelor obținute pentru variații ale unghiului $\alpha$ în domeniul $\alpha_{min}$, $\alpha_{max}$, s-au trasat, în figura 4, traiectoriile articulațiilor de interes *M*, *R* și *I*.

Așa cum se observă din figura 4, traiectoria punctului *R*, articulația dintre grindă și scut are forma unui *S* alungit, cu variații practic mici față de linia verticală a frontului. Traiectoria punctului *M* (care în susținerile cu scut obișnuite joacă rolul de articulație între grindă și scut) are, de asemenea, forma unui *S* alungit, dar orientat înclinat spre front. Traiectoria centrului instantaneu de rotație *I* este o curbă cu un lung palier aplatisat direcționat orizontal (rezultat al dimensiunilor mai proporționate ale conturului $A_0B_0B_1A_1$), ceea ce conferă susținerii o stabilitate aproximativ constantă la diferite înălțimi de lucru, la acțiunea sarcinilor orizontale front-spațiu exploatat.

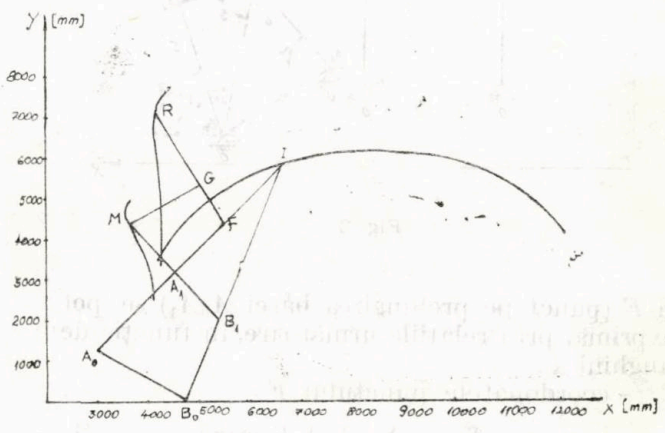



Fig. 4

## IV. Sinteza mecanismului de echidistanțare

Mecanismul de echidistanțare la front fiind mai complex decît mecanismul patrulater, sinteza lui nu se va mai putea realiza la fel de ușor ca a mecanismului patrulater [4 ; 5]. Cu toate acestea, proiectantul îl poate realiza, dacă

are la dispoziție un calculator și un program de analiză ca cel prezentat mai sus, prin încercări, ca un „joc cu calculatorul", pornind de la o structură inițială aproximativă, modificînd lungimile barelor în domenii acceptabile și preferențiale și urmărind efectul acestor modificări în calitatea generării curbelor punctelor $M,I$ și, mai ales, a punctului $R$.

Aparent, metoda pare greoaie și neeficace. În realitate, un proiectant cu experiență poate ajunge la o soluție convenabilă într-un timp nesperat de scurt, cu condiția să aibă pregătirea teoretică necesară și un program de analiză complet și flexibil pentru calculator. În acest fel, autorii au sintetizat structurile a trei susțineri pentru înălțimi de lucru de 4,5; 5,5 și 7 m (aceasta din urmă fiind prezentată în fig. 4), cu rezultate dintre cele mai bune.

**Bibliografie**


[1] *** Dowty Mining Equipment Limited, colecție de prospecte.

[2] Zamfir, V. *Asupra cinematicii și cinetostaticii analitice a unor mecanisme cu bare.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 11—12, 1978.

[3] Zamfir, V., Iliaș, N., Andraș, I. *Analiza poziționlă a secțiilor de susținere mecanizate.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 1, 1987.

[4] Zamfir, V., Iliaș, N., Andraș, I. *Mecanisme.* Îndrumar de proiectare. Susțineri mecanizate, fascicula 6. Litografia Institutului de Mine Petroșani, 1988.

[5] Zamfir, V., Iliaș, N., Andraș, I. *Sinteza poziționlă a mecanismului patrulater director din componența susținerilor mecanizate.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 3, 1987.


# Procesul de modernizare în proiectarea și realizarea turnurilor pentru săparea puțurilor miniere*)


Ing. **I. Chiseliță**
ing. **Mona Andreșan**
I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca


## I. Generalități

În strategia dezvoltării economico-sociale a patriei noastre, așa cum arată și secretarul general al P.C.R., tovarășul **Nicolae Ceaușescu**, o problemă importantă o constituie creșterea calității în domeniul construcțiilor, sector deosebit de important în cadrul amplului program de edificare a societății socialiste. Astfel, construcțiile pentru turnuri de săpare a puțurilor miniere sînt supuse la un complex proces de transformare calitativă, prin reconsiderarea alcătuirii ansamblului și a rezolvărilor de detaliu, subordonîndu-le criteriilor de raționalitate economică, încorporînd selectiv, cele mai novatoare tendințe și orientări în domeniu. În activitatea de concepție-proiectare se urmărește obținerea unei conformări structurale adecvate preluării directe a acțiunilor, modularea pe subansamble mari gabaritice, uzinarea completă în cadrul procesului de confecționare, precum și stabilirea de modalități cît mai convenabile de montare-demontare-transport. Această acțiune de conversiune spre noile tehnologii și de restructurare a bazei tehnico-materiale se bucură de concursul și receptivitatea majorității factorilor de decizie, a beneficiarilor și a unităților de confecții metalice și construcții-montaj, prin recunoașterea necesității unor metamorfoze structurale, inerente promovării rapide a progresului tehnic în industria minieră.

## II. Obiectivele majore ale conceptului de modern în proiectare

Turnurile de săpare tradiționale sistem „cort" piramidal, executate după proiect IPROMIN nr. 24588/1968 sau după proiect C.C.V.J — U.P.D nr. E50—129/1962 (fig. 1, respectiv fig. 2), folosite și în prezent în numeroase investiții noi prin refolosire sau prin reconfecționare după documentațiile mai sus-amintite, prezintă inconvenientul unei concepții de ansamblu și de dimensionare tributare supraasigurării prin prisma prescripțiilor folosite la data respectivă în calculul proiectelor de execuție (metoda rezistențelor admisibile, respectiv metoda de rupere) și prin prisma nivelului tehnic și calitativ al materialelor și a tehnologiilor de execuție de acum 20 de ani. De asemenea, preconfecționarea pe elemente și montajul direct pe amplasament, cu ajutorul schelelor perimetrale și a eșafodajelor interioare, pe lîngă necesitatea mobilizării a numeroase forțe umane și dispozitive consumă un fond mare de timp.

Soluțiile moderne pentru turnurile de săpare urmăresc obținerea unei construcții — utilaj —

* Lucrare prezentată și premiată, cu premiul II al C.C. al U.T.C., la Sesiunea națională de comunicări tehnico-științifice a tineretului în domeniul mine-petrol, Gorj 25 — 26 mai 1988.

de greutate cît mai redusă, compusă dintr-un număr mic de subansambluri, proiectate la gabarite CFN, cu posibilităţi de montare-demontare rapidă şi de amenajare multiplă pentru diferite trolii şi vase de extracţie. Cuplările între

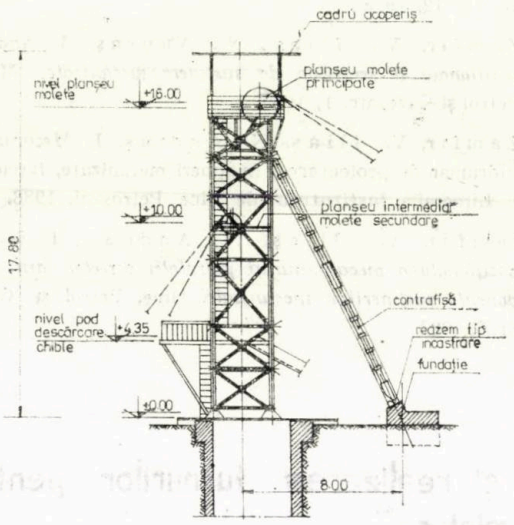



Fig. 1. Turn de săpare, $h = 16$ m, proiect IPROMIN.

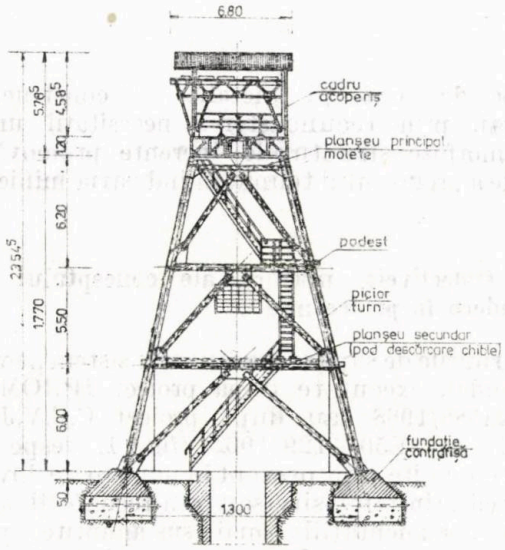



Fig. 2. Turn de săpare, soluţie tradiţională, proiect C.C.V.J.

tronsoane se alcătuiesc tip flanşă sau cu bolţ, iar între turn şi teren (fundaţii) — articulaţii. Aceste rezolvări micşorează denivelările de reazeme şi tasările diferenţiate asupra structurii (prin reducerea gradului de nedeterminare statică), fac posibilă preasamblarea structurii în uzină şi facilizează mult montajul final pe amplasament. Execuţia uzinată pe subansamble, cu îmbinări de montare pe amplasament cît mai simple şi specializarea unor brigăzi, antreprize sau întreprinderi pentru acest gen de lucrări (montare-demontare turnuri de săpare şi săpări de puţuri) vor duce, în final, pe lîngă scurtarea termenelor de execuţie şi creşterea productivităţii muncii în activitatea de săpări de puţuri, la lucrări de calitate superioară, în condiţii de asigurare a construcţiilor şi de protecţie a lucrărilor mult mai raţionale. De asemenea, impunerea în proiectare a criteriului de cost minim (sau de greutate minimă) va duce, implicit, la renunţarea la soluţiile tradiţionale şi la conversiunea spre formele simple şi economice.

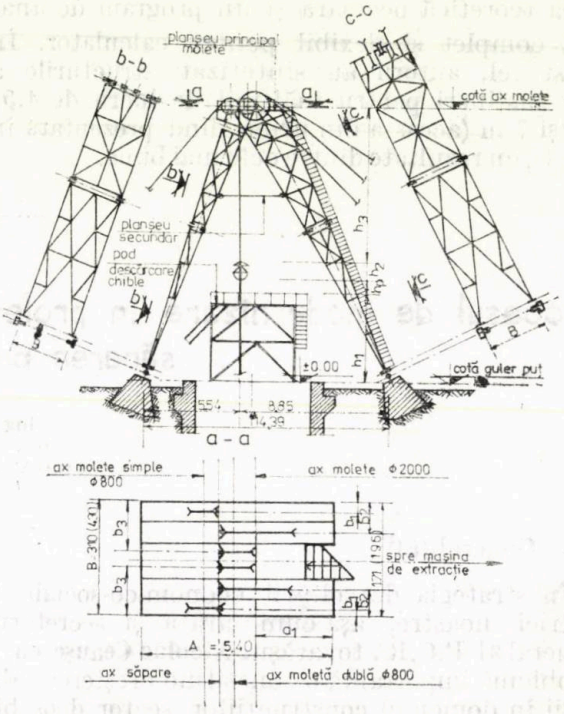



Fig. 3. Turn de săpare, $H = 16$ m, soluţie nouă, cu pod pentru descărcarea chiblelor, separat de structura turnului, (scheme g c chice).

Turnurile pentru săpare sînt construcţii metalice spaţiale, realizate din ferme întreţesute în planşeul de molete şi din fermele constitutive ale feţelor picioarelor contrafişelor. Problema proiectării optime a structurii turnurilor pentru săpare se pune în două moduri.

- Se dau punctele de aplicare a forţelor, conturul construcţiei determinat din considerente tehnologice şi punctele de rezemare, cerîndu-se să se găsească configuraţia fermelor (dispoziţia diagonalelor) care să permită transmiterea forţelor la reazeme cu un consum minim de materiale (aplicarea problemei Maxwell Michell).
- Se dau punctele de aplicare a forţelor, se precizează o configuraţie geometrică şi se cere reţeaua de bare care asigură transmiterea forţelor la reazeme şi echilibrul întregului ansamblu în condiţia de greutate minimă (aplicarea problemei M. Levy).

Pentru că, în general, turnurile pentru săparea puțurilor sînt folosite și în faza de explorare cu colivii, ele se concep corespunzător (fig. 5), iar valorile forțelor de calcul se determină pentru această fază. Problema obișnuită de proiectare pornește de la modul descris la punctul al doilea și folosește rezultatul demonstrațiilor următoarelor principii.

**1.** Dintre toate fermele cu configurații date, pentru o singură ipoteză de încărcare și fără a lua în considerare flambajul barelor, ferma de greutate minimă este ferma static determinată sau ferma pentru care lucrul mecanic al forțelor exterioare este maxim, deformațiile barelor nedepășind deformațiile admisibile.

**2.** În cazul aplicării mai multor sisteme de forțe pentru structura optimă, rezultă o fermă static nedeterminată. Pentru rezolvare se folosește metoda deplasărilor, pornind de la condițiile de echilibru și aplicînd legea lui Hooke:

$$AN = \bar{F}_e; \tag{1}$$

$$N = D \cdot \varepsilon; \tag{2}$$

$$N_i = E \cdot A_i \cdot \varepsilon_i, \tag{3}$$

unde:

$\bar{F}_e$ este vectorul forțelor exterioare;
$\varepsilon$ — vectorul deformațiilor unitare;
$A$ — matricea coeficienților sistemului ecuațiilor de echilibru;
$N_i$ — eforturile din bare pentru încărcarea $i$;
$D = E \cdot A_i$ — matricea diagonală a coefi- (4)
cienților de elasticitate.

Din condițiile de compatibilitate a deformațiilor:

$$\varepsilon = \frac{F_e}{E \cdot A} = \Delta^T \cdot u, \tag{5}$$

unde:

$u$ reprezintă vectorul deplasărilor nodurilor fermei;
$\pm (\Delta^T \cdot U)$ — deformația absolută la întindere, respectiv la compresiune,

cu condițiile:

$$\pm \Delta^T u \leqslant \frac{1}{R_{i,c}}. \tag{6}$$

$R_{i,c}$ reprezintă rezistențele admise ale oțelului (la întindere $i$ sau compresiune ($c$) în starea limită în care se face calculul turnului.

Înlocuind relația (5) în relațiile (2) și (3) și relațiile (2) și (3) în relația (1) se obține:

$$\bar{F}_e = A \cdot D \cdot \Delta^T \cdot u = k \cdot u,$$

unde:

$k$ este matricea de rigiditate a structurii pe ansamblu, pozitiv definită și simetrică față de diagonala principală.

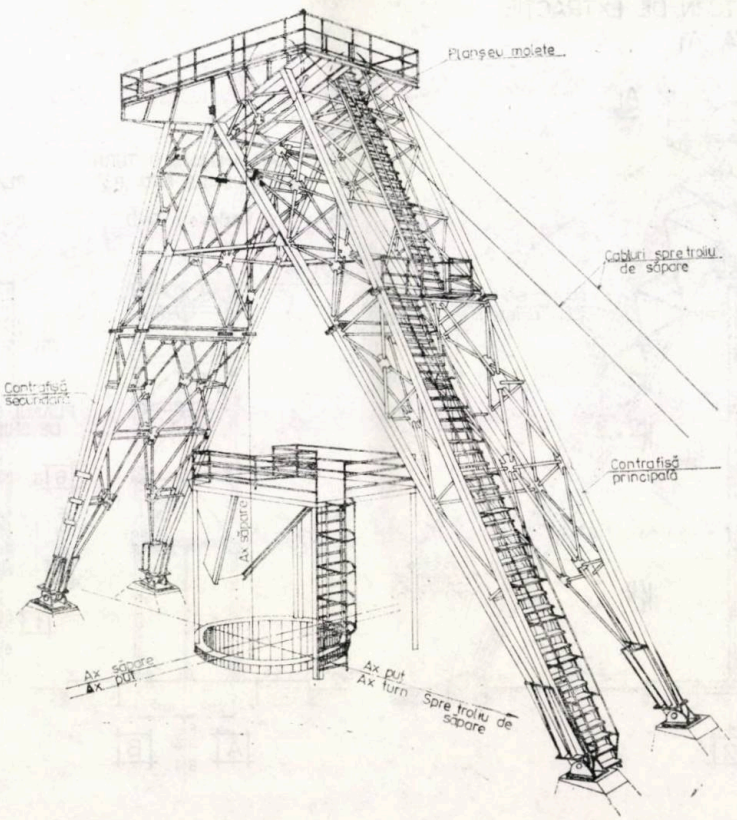



Fig. 4. Perspectiva turnului de săpare prezentat în figura 3.

Se consideră topologia structurii dată și că poziția nodurilor neîncărcate se poate modifica. Pentru rezolvarea modelului matematic se propune metoda secțiunilor.

Deplasările nodurilor se limitează funcție de deplasările maxim admise prin restricții de tipul:

$$|U| \leqslant U^{\circ}. \tag{8}$$

Se notează cu $\nabla_A u$ acea parte din vectorul gradient care corespunde modificărilor ariei secțiunii barelor la fiecare pas, iar prin $\nabla_x U$ acea parte care corespunde modificării coordonatelor de noduri $x$.

În acest caz, la fiecare pas de liniarizare, creșterile de arii $\Delta_A$ și ale coordonatelor de noduri $\Delta_x$ trebuie să satisfacă inegalitatea de tipul (8):

$$-u^{\circ} \leqslant u + (\nabla_A u)^T \cdot \Delta_A + (\nabla_x u)^T \cdot \Delta X \leqslant u^{\circ}. \tag{9}$$

Eforturile din bare trebuie să satisfacă pas cu pas restricțiile:

$$-N^{-} \leqslant N + (\nabla_A N)^T \cdot \Delta_A + (\nabla_x N)^T \cdot \Delta x \leqslant N^{+}. \tag{10}$$

Pentru determinarea eforturilor, prima etapă — foarte importantă în procesul de proiectare — este determinarea acțiunilor și a coeficienților de asigurare a sarcinilor (coeficienții acțiunilor). Cum acțiunile și coeficienții nu se pot regăsi în standardele actuale de proiectare, în momentul de față sînt în curs de elaborare proiecte de standard care vor crea baza de concepție, calcul, forme și dimensiuni principale, alcătuire, prescripții constructive și condiții tehnice de calitate pentru turnurile de săpare și extracție pe puțuri miniere. Necesitatea, importanța deosebită și oportunitatea elaborării de standarde de stat pentru turnuri de extracție miniere, cît și metodologia de determinare a acțiunilor și a grupărilor de acțiuni se vor dezvolta într-o lucrare viitoare.

Calculul eforturilor pornește de la schemele de amplasare a moletelor și a rolelor purtătoare de cabluri pe planșeele de molete.

Acțiunile excepționale $E$ din gruparea a II-a (specială), grupare în care apar eforturile de dimensionare, în cazul turnurilor pentru săparea puțurilor miniere, sînt următoarele.

— Încărcări pe grinzile din planșeul de molete în punctele de fixare a lagărelor (reacțiuni și momente concentrate de încovoiere) provenite din blocarea vasului de transport în puț și ruperea cablului de tracțiune:

$$Q_{calcul} = Q_{max} \cdot n,$$

unde pentru coeficientul de siguranță $n$ normele în vigoare pentru puțurile în săpare

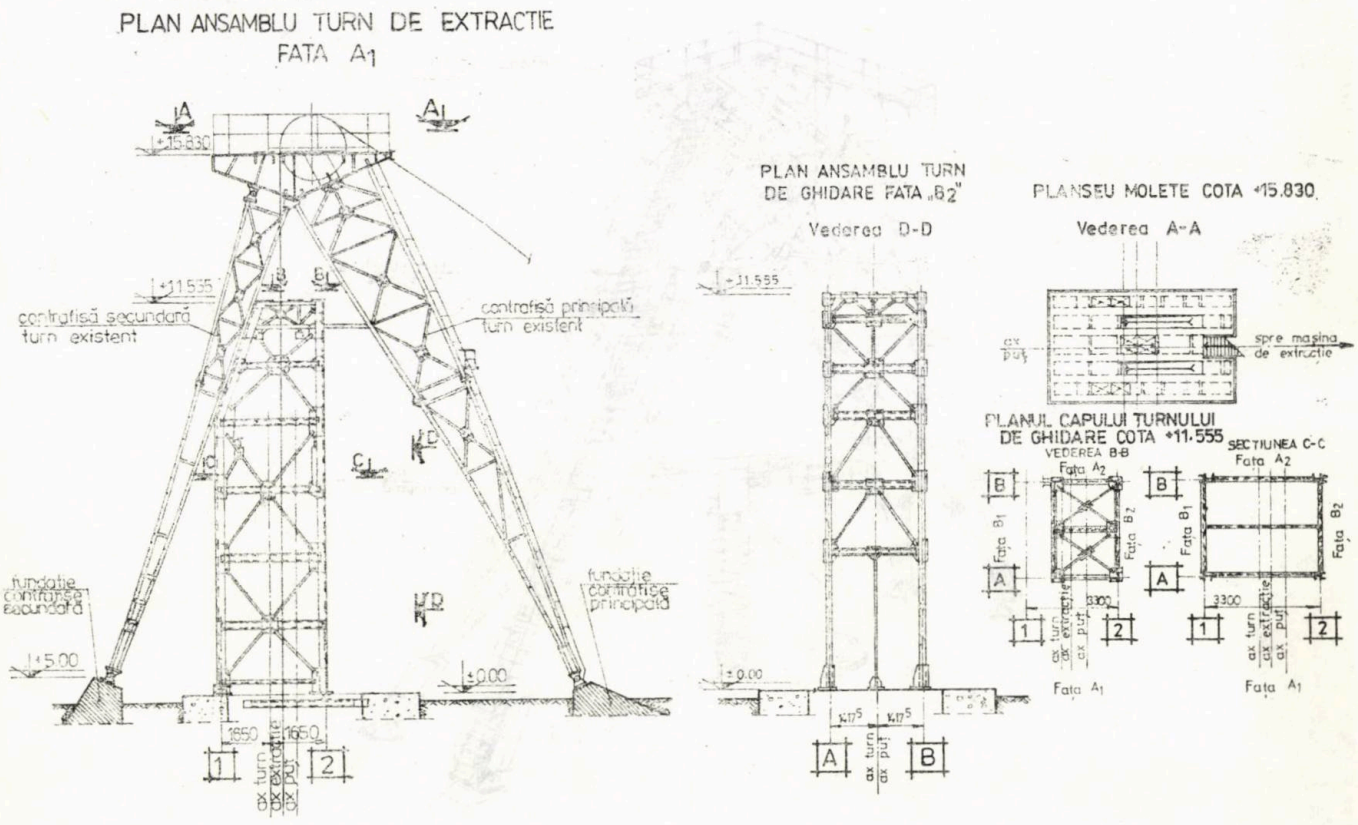



Fig. 5 Turn de săpare ($H = 16$ m) echipat și pentru faza de explorare; transport cu colivii monoetajate.

prevăd valoarea 10 pe tot timpul utilării cablului.

— Acțiunea seismică (valoarea raportului între accelerația maximă a mișcării seismice a terenului și accelerația gravitației), care se ia conform tabelului 2 din normativul P 100—81, în funcție de gradul de intensitate seismică a zonei.

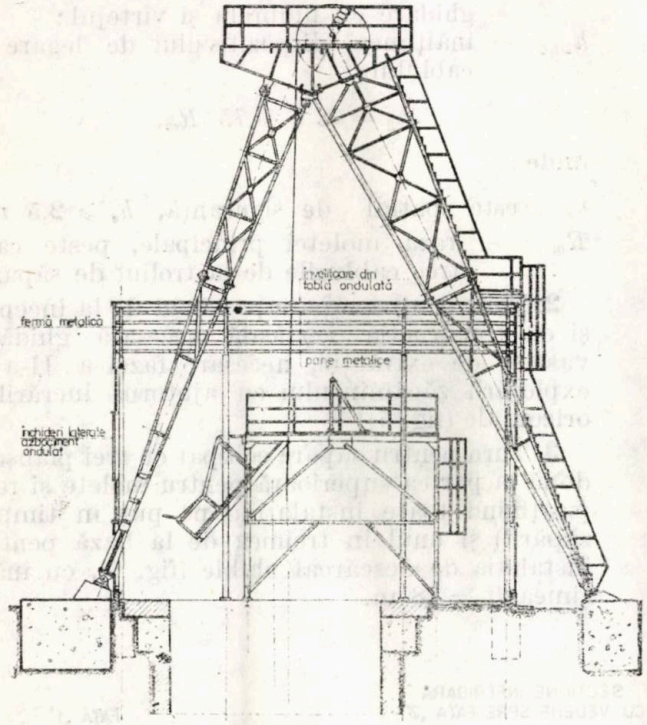



Fig. 6. Turn de săpare echipat cu casa puțului.

După calculul static și dinamic al grinzilor longitudinale și transversale interioare planșeului de molete, se trec reacțiunile pe schemele geometrice ale fețelor turnului. În cazul turnului prezentat în figurile 3; 4; 5 sau 6, rezultatele calculului în fețe plane este apropiat celui spațial, datorită faptului că piciorul contrafișei se dezvoltă în planul vertical al grinzii de margine a planșeului de molete. Pentru cazurile cînd contrafișa se evazează spre punctele de rezemare, calculul spațial pune în evidență scăderea eforturilor în picioarele contrafișelor cu valori între 18 și 30 % și majorarea valorilor forțelor axiale, a momentelor de torsiune, a momentelor încovoietoare și a forțelor tăietoare ale grinzilor din planșeul de molete. De asemenea, în cazul cu contrafișa evazată pe direcția principală de solicitare (direcția turn — mașină de săpare) deplasarea maximă la nivelul planșeului de molete este cu 10 — 12% mai mare ca în cazul cu contrafișa neevazată.

Forțele axiale se predau direct terenului prin fundații izolate elastice, cu suprafața superioară a cuzinetului, cît și cu talpa de fundație perpendiculară pe axa piciorului.

Calculul fundației se face punînd condițiile ca acțiunile $Q$ să fie mai mici decît capacitatea portantă de calcul a terenului $R$:

$$Q \leqslant (n)\, m \cdot R, \tag{12}$$

în care:

$Q$ este încărcarea de calcul provenită din gruparea de solicitări considerată (presiuni efective, momente de răsturnare, forțe de alunecare etc.);

$(n)$ — coeficientul de multiplicare în cazul calculului terenului de fundare la presiuni convenționale;

$$(n) = n_1 \cdot n_2,$$

unde:

$n_1$ este coeficientul care ține cont de gruparea de solicitări considerate, cu valorile $n_1 = 1,0$ pentru gruparea fundamentală și $n = 1,4$ pentru gruparea specială;

$n_2$ — coeficientul de majorare a valorii $P_{conv}$ în cazul cînd lățimea tălpii $B > 1,0$ m, conform anexei $B$ STAS 8316 — 77;

$m$ — coeficientul condițiilor de lucru, care se ia conform tabelului 3 STAS 8316—77 pentru calculul terenului la starea limită de deformații și egal cu 0,6 pentru celelalte verificări.

Din cauza înclinării tălpii fundației, se face verificarea ca eforturile tangențiale dezvoltate în teren să nu depășească rezistența la forfecare dinamică $\tau_d$ a acestuia.

Rezistența $\tau_d$ se exprimă cu relația:

$$\tau_d = P \cdot f + C_0, \tag{13}$$

unde:

$P$ este presiunea normală pe planul de fundație:

$f$ — coeficientul de frecare interioară, $f = \operatorname{tg} \theta$;

$\theta$ — unghiul de frecare interioară;

$C_0$ — rezistența inițială la forfecare depinzînd de forțele de coeziune și de rezistențele parazitare din aparatul de încercări geotehnice la forfecare dinamică.

## III. Realizări

Turnurile pentru săpare, în funcție de parametrii tehnologici de execuție a puțului și a fazelor următoare de explorare și exploatare, se împart astfel.

1. Turn special conceput numai pentru faza I a execuției puțului (pentru toată gama de diametre uzuale), cu posibilități multiple de amenajare la nivelul planșeului de molete (fig. 3; 4; 6), cu înălțimea $H = 16$ m.

Înălțimea $H$ a turnului (distanța pe verticală între nivelul gulerului puțului și axul moletelor principale de pe planșeul superior de molete)

s-a determinat cu relaţia (14), respectînd condiţiile cunoscute impuse lungimii corzii, unghiului cablurilor cu verticala, unghiurilor de deflexie pe tobe şi pentru distanţa $b$ între axa troliului de săpare şi axul puţului :

$$H = h_1 + h_p + h_2 + h_3, \qquad (14)$$

unde :

$h_1$ reprezintă înălţimea podului de descărcare a chiblei ;

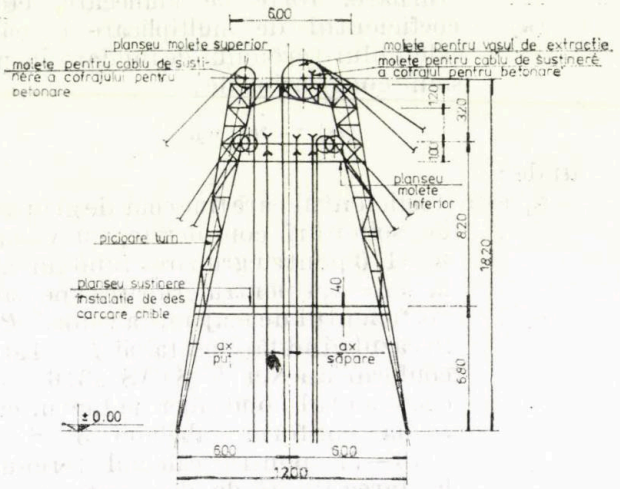



Fig. 7. Turn de săpare şi de susţinere a tuturor instalaţiilor din puţ pe timpul săpării.

$h_p$ — supraridicarea tehnologică a chiblei deasupra podului de descărcare chible cu spaţiul de siguranţă pentru deschiderea uşilor podului de descărcare ;

$$h_2 = h_v + h_{DLC},$$

în care :

$h_v$ este înălţimea chiblei, inclusiv sania de ghidare cu umbrela şi vîrtejul ;

$h_{DLC}$ — înălţimea dispozitivului de legare a cablului ;

$$h_3 = h_s + 0{,}75\ R_m,$$

unde :

$h_s$ este spaţiul de siguranţă, $h_s \geqslant 2{,}5$ m ;

$R_m$ — raza moletei principale, peste care trec cablurile de la troliul de săpare.

**2.** Turn pentru săpare prevăzut de la început şi cu construcţia verticală necesară ghidării vaselor de extracţie, necesare fazei a II-a a explorării zăcămîntului cu ajutorul lucrărilor orizontale (fig. 5).

**3.** Turn pentru săpare echipat cu trei planşee, două la partea superioară pentru molete şi role (susţinînd toate instalaţiile pe puţ în timpul săpării) şi unul în treimea de la bază pentru instalaţia de descărcat chible (fig. 7), cu înălţimea $H = 18$ m.

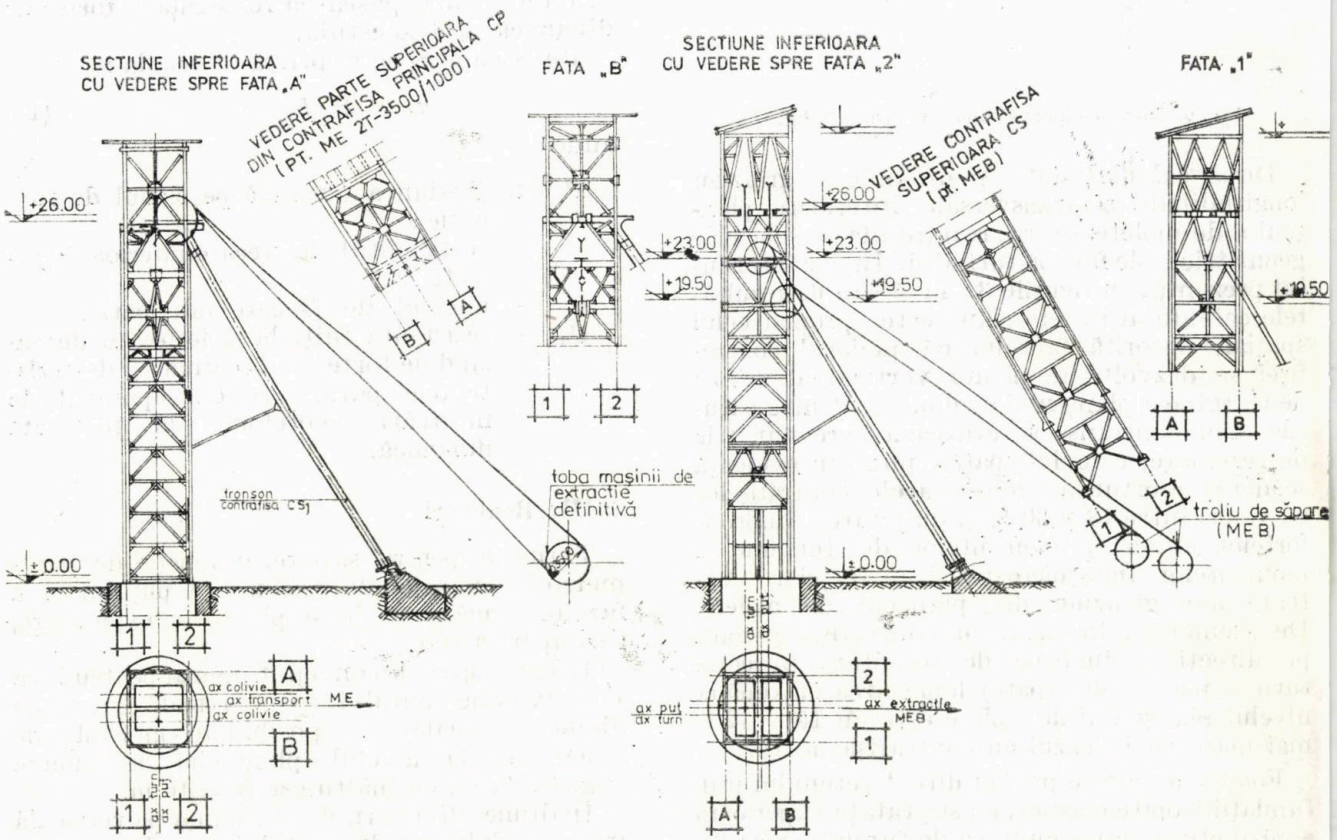



Fig. 8. Turn definitiv echipat şi pentru faza de săpare cu contrafişă refolosibilă pe ambele direcţii, $H = 26$ m.

4. Turn mixt sau turn definitiv proiectat și echipat și pentru faza de săpare. În acest caz săparea puțului se poate face cu mașina de extracție prevăzută pentru exploatare sau cu un troliu prevăzut numai pentru săpare, dispus în planul perpendicular (sau vis-a-vis), pe direcția turn-mașină de extracție (fig. 8).

### Concluzii

Bazată pe tendințele actuale pe plan mondial de specializare pe domenii cît mai precis conturate, tendințe care conduc la cunoașterea completă a fenomenului tehnic-tehnologic studiat, și care, în final, creează specialiști pe grupe de activități și produse de calitate garantată, proiectarea turnurilor pentru săpări de puțuri miniere trebuie să țină seama de:

— scăderea greutății construcției la nivelul minim posibil, ținînd cont de distribuția materialului în structură după criteriul de egală rezistență;

— asigurarea structurii în diferite trepte de apărare la sarcinile curente dinamice și la cele cu caracter excepțional;

— absorbția de către masa construcției a vibrațiilor provenite din instalația de săpare și transport;

— tronsonarea în cît mai puține subansamble, cu dispozitive și modalități de montare-demontare rapide și eficiente.

Astfel, prin cercetarea și proiectarea optimală s-a realizat turnul de săpare multifuncțional la care consumul de confecții metalice pentru structura de rezistență este de numai 20 t (fig. 3; 4; 5) și la care podul de descărcare a chiblei și casa puțului sînt subansamble separate, de asemenea demontabile și refolosibile.

Pentru turnul de săpare echipat special pentru susținerea tuturor instalațiilor pe puț în timpul săpării (fig. 7), fiind o nouă tehnologie — premieră pe țară — la care se preconizează dublarea vitezei de săpare, cît și creșterea asigurării fronturilor de lucru în timpul execuției, tehnologie în curs de aplicare și omologare prin primul turn (prototip) proiectat și executat pentru I.P.E.G. Harghita, vom reveni cu detalii într-un articol viitor. De asemenea, rezolvările de turnuri definitive echipate și pentru faza de săpare (turnurile mixte), tot cu scopul creșterii vitezei de avansare la construcția puțurilor miniere și de scurtare a termenelor de punere în funcțiune a instalațiilor de extracție, comportă o tratare separată, cu detalieri concrete de forme, dimensiuni și consumuri specifice de materiale.

---

# Coeficientul aerodinamic unitar al coloanelor metalice de aeraj parțial

Ing. **Z. Cornea**
I.P.E.G. Maramureș

## I. Generalități

Rezistența aerodinamică unitară a coloanelor de aeraj are o importanță deosebită în stabilirea factorului de montaj, factor ce determină caracteristicile de lucru ale instalației de aeraj.

Pentru a determina mărimea rezistenței aerodinamice unitare a coloanelor de aeraj trebuie plecat de la relația lui Bernoulli, relație ce stabilește pierderea de presiune a unei coloane de aeraj și se prezintă astfel:

$$h = 0{,}083 \frac{\lambda\gamma}{D^5} LQ^2, \quad \text{kgf/m}^2, \qquad (1)$$

în care:

$\lambda$ este coeficientul de frecare a aerului în coloana de aeraj;
$\gamma$ — greutatea specifică a aerului în mișcare, kgf/m$^3$;
$D$ — diametrul coloanei de aeraj, m;
$L$ — lungimea de lucru a coloanei, m;
$Q$ — debitul de lucru al coloanei, m$^3$/s.

Această relație este deosebit de utilă în calculele de aeraj, deoarece pune în evidență pierderea de presiune a unei coloane în funcție de rezistența acesteia și debitul de lucru al coloanei.

În relația (1) rezistența aerodinamică unitară $R_0$ apare grupată sub forma:

$$R_0 = 0{,}083 \frac{\lambda\gamma}{D^5}, \text{ kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^9. \qquad (2)$$

Rezistența aerodinamică unitară $R_0$ este, deci, dependentă de coeficientul de frecare $\lambda$, greutatea specifică a aerului vehiculat $\gamma$ și diametrul coloanei $D$.

Coeficientul de frecare al aerului în coloanele metalice de aeraj este dependent de numărul Reynolds și de rugozitatea coloanei, iar greutatea specifică a aerului este dependentă de temperatură, presiunea atmosferică și umiditatea relativă. Diametrul coloanei de aeraj, intervenind în relația de mai sus la puterea a cincea, are o mare importanță în stabilirea coeficientului aerodinamic unitar, deoarece coloanele metalice fiind din tablă subțire sînt ușor deformabile, ceea ce conduce la strangularea diametrului.

Toți acești parametri se modifică de la un loc de muncă la altul sau chiar la același loc de muncă, ceea ce impune o analiză atentă a coeficientului aerodinamic unitar, deoarece acesta, intervenind în factorul de montaj, stabilește caracteristicile de funcționare ale coloanelor de aeraj.

## II. Numărul Reynolds pentru coloanele metalice de aeraj

Numărul Reynolds caracterizează mișcarea aerului în coloanele de aeraj și stabilește totodată mărimea coeficientului de frecare.

Pentru coloanele de aeraj prezintă interes exprimarea numărului Reynolds în funcție de debitul de aer ce trece prin coloană, conform relației :

$$Re = \frac{1}{462} \cdot \frac{\gamma}{\eta} \frac{Q}{D}, \qquad (3)$$

în care :

$\gamma$ este greutatea specifică a aerului, kgf/m³ ;

$\eta$ — viscozitatea dinamică a aerului, kgf/m² ;

$Q$ — debitul de aer ce trece prin coloană, m³/min ;

$D$ — diametrul coloanei, m.

Greutatea specifică a aerului variază cu presiunea și temperatura, iar viscozitatea dinamică numai cu temperatura.

În calculele de aeraj parțial, trebuie avută în vedere starea fizică normală a aerului, de umiditate medie, pentru care raportul $\gamma/\eta$ are valoare $0{,}735 \cdot 10^6$ kgf/m², ceea ce face ca relația (3) să devină :

$$Re = 0{,}0159 \cdot 10^5 \frac{Q}{D}. \qquad (4)$$

Pentru a respecta condițiile de funcționalitate a coloanelor de aeraj și a nu introduce erori de calcul, debitul de lucru $Q$ din relația de mai sus trebuie considerat drept debitul mediu ce trece prin coloană și a cărui mărime este dată de relația :

$$Q_m = 0{,}5 \ (Q_0 + Q_c), \ \text{m}^3/\text{min}, \qquad (5)$$

în care :

$Q_0$ este debitul de aer ce trebuie să-l asigure coloana la front ;

$$Q_0 = 91 \ (D + 0{,}16), \ \text{m}^3/\text{min} ; \qquad (6)$$

$Q_c$ — debitul ce trece prin coloană la capătul lungimii de lucru :

$$Q_c = 0{,}785 \cdot 60 \cdot D^2 \cdot v, \ \text{m}^3/\text{min} ; \qquad (7)$$

$D$ — diametrul coloanei, m ;

$v$ — viteza economică de transport a aerului prin coloanele de aeraj și are valoarea maximă de 15 m/s.

Relația (6) reprezintă reciprocitatea între secțiunea utilă a unei lucrări miniere, diametrul coloanei de aeraj ce se poate monta în funcție de gabaritul mijloacelor de transport și debitul de aer ce trebuie asigurat, în funcție de viteza minimă de circulație a aerului prin secțiunea utilă.

Relația (7) reprezintă reciprocitatea între debitul de lucru al unei coloane de aeraj, diametrul acesteia și viteza de circulație economică de transport.

Pentru diametrele uzuale ale coloanelor de aeraj, debitul mediu și numărul Reynolds, calculate cu relațiile de mai sus, au valorile prezentate în tabelul 1.

*Tabelul 1*

| $D$, m | $Q_m$, m³/min | $Re$ |
|---|---|---|
| 0,4 | 82 | $3{,}26 \cdot 10^5$ |
| 0,5 | 118 | $3{,}75 \cdot 10^5$ |
| 0,6 | 161 | $4{,}27 \cdot 10^5$ |
| 0,7 | 212 | $4{,}82 \cdot 10^5$ |
| 0,8 | 269 | $5{,}35 \cdot 10^5$ |
| 0,9 | 334 | $5{,}90 \cdot 10^5$ |
| 1,0 | 406 | $6{,}48 \cdot 10^5$ |
| 1,1 | 484 | $7{,}20 \cdot 10^5$ |
| 1,2 | 570 | $7{,}55 \cdot 10^5$ |

Valoarea numărului Reynolds crește deci o dată cu diametrul coloanei de aeraj, dar în același timp prezintă o variație de creștere pentru un anumit diametru de coloană, în funcție de debitul de lucru al coloanei și de starea fizică a aerului care circulă prin coloană.

Avînd în vedere condițiile concrete de lucru ale coloanelor de aeraj, se poate aprecia că valoarea numărului Reynolds, calculată pentru starea fizică normală a aerului și pentru debitul mediu de lucru, exprimă cel mai fidel funcționalitatea instalațiilor de aeraj.

Pentru valorile numărului Reynolds determinate, mișcarea aerului în coloanele de aeraj este cu siguranță turbulentă.

## III. Coeficientul de frecare a aerului în coloanele metalice de aeraj parțial

Coloanele metalice de aeraj parțial, ca orice conducte tehnice, sînt rugoase și, lucrînd în regim turbulent, se pot comporta, din punct de vedere hidraulic, ca niște conducte netede sau ca rugoase.

Regimul turbulent are două zone distincte, în care aceeași conductă rugoasă se comportă diferit în funcție de numărul Reynolds, dar și de rugozitatea conductei.

În prima zonă a regimului turbulent, grosimea stratului laminar a curentului turbulent acoperă asperitățile, ceea ce face ca o conductă rugoasă să se comporte ca o conductă hidraulic netedă.

Această zonă este caracterizată de valorile mai mici ale numărului Reynolds, iar grosimea $\delta$ a stratului laminar este dată de relația:

$$\delta = \frac{32{,}5\ D}{Re\sqrt{\lambda}},\ \text{mm}, \qquad (8)$$

în care:

$\delta$ este grosimea stratului laminar, mm;
$D$ — diametrul coloanei, m;
$Re$ — valoarea numărului Reynolds;
$\lambda$ — coeficientul de frecare a aerului coloanelor metalice de aeraj.

În această zonă coeficientul de frecare $\lambda$ a aerului în coloane este dependent atît de numărul Reynolds $Re$, cît și de rugozitatea relativă $D/K$.

În a doua zonă, amestecul turbulent devine mai intens, ca urmare a creșterii numărului Reynolds, ceea ce face ca grosimea stratului laminar să scadă sub nivelul asperităților, iar conductele să se comporte ca hidraulic rugoase.

Ca urmare a reducerii grosimii stratului laminar, în această zonă coeficientul de frecare $\lambda$ este dependent numai de rugozitatea relativă $D/K$.

Departajarea celor două zone se face atunci cînd grosimea stratului laminar $\delta$ egalează nivelul asperităților $K$, situație în care relația (8) devine:

$$\frac{D}{K} = \frac{Re\sqrt{\lambda}}{32{,}5}. \qquad (9)$$

Întreg domeniul turbulent este foarte bine apreciat de formula lui Colebrook și White, care verifică cercetările experimentale efectuate:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{K}{3{,}71\ D}\right). \qquad (10)$$

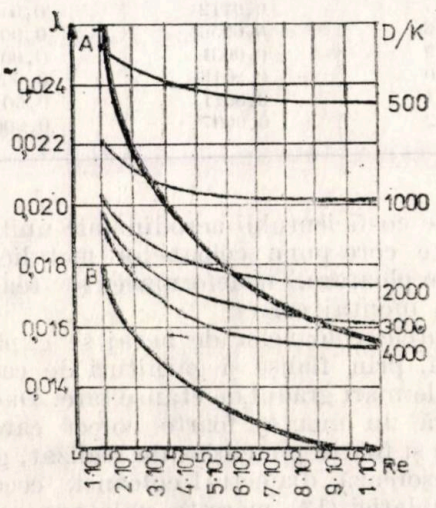



Fig. 1

Cînd rugozitatea relativă $D/K$ este cea dată de relația (9), grosimea stratului laminar egalează nivelul asperităților, iar formula lui Colebrook și White devine:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\log\frac{Re\sqrt{\lambda}}{11{,}27}. \qquad (11)$$

Această relație departajează cele două zone ale domeniului rugos și corespunde curbei $A$ din figura 1.

Curbele $\lambda = f\ (Re;\ D/K)$ din figura 1 au fost ridicate cu ajutorul relației (10) pentru cîteva valori ale rugozității relative $D/K$.

Din datele prezentate rezultă că, dacă se cunoaște valoarea numărului Reynolds și a rugozității relative $D/K$, cu formula lui Colebrook și White se poate determina coeficientul de frecare $\lambda$.

În cazul că valoarea rugozității relative $D/K$ nu este cunoscută, cu relația (11) se determină coeficientul de frecare $\lambda$ care, introdus în relația (9), stabilește rugozitatea $D/K$ pînă la care conducta se comportă ca hidraulic netedă.

Mărimea lui $\lambda$, astfel determinată, trebuie considerată ca minimă deoarece, interpretînd figura 1, se observă că în dreapta curbei $A$, deci în zona hidraulic rugoasă, curbele $\lambda = f\ (K/D)$ se aplatizează sau au panta de variație foarte mică.

Dacă rugozitatea absolută $K$ a conductei este mai mică decît cea calculată, rugozitatea relativă $D/K$ este mai mare și atunci conductele vor lucra în stînga curbei $A$, ca hidraulic rugoase.

Dacă rugozitatea absolută $K$ a conductei este mai mare decît cea calculată, rugozitatea relativă $D/K$ este mai mică și atunci conductele vor lucra în zona din dreapta curbei $A$, ca hidraulic rugoase.

Se poate deci aprecia, cu suficientă exactitate, mărimea coeficientului de frecare $\lambda$ și în cazul în care rugozitatea absolută $K$ a conductei tehnice nu este determinată, folosind relația (11), care stabilește un adaos în funcție de numărul Reynolds la coeficientul de frecare a unei conducte hidraulic lustruite.

Revenind la coloanele de aeraj parțial trebuie arătat că, pentru acestea, determinările în privința rugozității sînt cu totul insuficiente și neconcludente.

În această situație pentru mărimile numărului Reynolds, stabilite în tabelul 1, coeficientul de frecare $\lambda$, calculat cu relația (11), și rugozitatea relativă $D/K$, pînă la care coloanele de aeraj parțial pot lucra ca hidraulic netede, sînt cele din tabelul 2.

Deoarece coloanele de aeraj funcționează din punct de vedere hidraulic ca și conductele

*Tabelul 2*

| $D$, m | $\lambda$ | $D/K$ |
|---|---|---|
| 0,4 | 0,0192 | 1 390 |
| 0,5 | 0,0187 | 1 578 |
| 0,6 | 0,0182 | 1 772 |
| 0,7 | 0,0177 | 1 973 |
| 0,8 | 0,0173 | 2 165 |
| 0,9 | 0,0170 | 2 367 |
| 1,0 | 0,0167 | 2 569 |
| 1,1 | 0,0164 | 2 758 |
| 1,2 | 0,0162 | 2 957 |

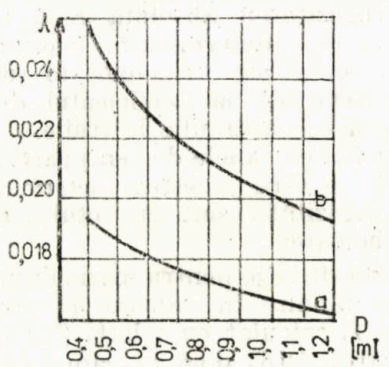
tehnice, valorile astfel determinate pentru $\lambda$ trebuie considerate corespunzătoare coloanelor noi, din motivele arătate.

În exploatare, coloanele de aeraj se oxidează și se corodează relativ repede din cauza mediului acid, ceea ce face ca rugozitatea absolută să crească. Cercetările efectuate, în special cele ale lui Voss, stabilesc că rugozitatea absolută, în cazul coloanelor de aeraj în exploatare, nu depășește totuși valoarea de 1 mm.

Pentru această valoare a rugozității absolute $K$, rugozitatea relativă $D/K$ și coeficientul de frecare $\lambda$, calculate cu relația (10), sînt cele din tabelul 3 și ele trebuie apreciate drept corespunzătoare coloanelor în exploatare.

*Tabelul 3*

| $D$, m | $D/K$ | $\lambda$ |
|---|---|---|
| 0,4 | 400 | 0,0254 |
| 0,5 | 500 | 0,0239 |
| 0,6 | 600 | 0,0228 |
| 0,7 | 700 | 0,0220 |
| 0,8 | 800 | 0,0213 |
| 0,9 | 900 | 0,0207 |
| 1,0 | 1 000 | 0,0202 |
| 1,1 | 1 100 | 0,0197 |
| 1,2 | 1 200 | 0,0193 |




a - coloane noi
b - coloane în exploatare

Fig. 2

Transpunînd grafic variația de creștere a coeficientului de frecare a aerului în coloanele metalice de aeraj parțial, rezultă diagrama din figura 2.

Interpretînd variația coeficientului de frecare $\lambda = f(D)$, se poate aprecia, cu certitudine, necesitatea creșterii diametrului coloanelor de aeraj, deoarece o dată cu creșterea diametrului se reduce considerabil valoarea coeficientului de frecare.

Pe de altă parte, se observă o tendință de aplatizare a coeficientului de frecare pentru diametrele mai mari de 1,0 m, ceea ce recomandă ca diametrele uzuale ale coloanelor de aeraj să nu depășească această valoare.

## IV. Coeficientul aerodinamic unitar al coloanelor metalice de aeraj

Coeficientul aerodinamic unitar al coloanelor metalice aeraj de $R_0$ se determină cu relația (2), în care greutatea specifică a aerului $\gamma$ trebuie avută în vedere la valoarea de 1,287 kgf/m$^3$, reprezentînd starea fizică normală a aerului de umiditate medie.

În aceste condiții relația (2) devine :

$$R_0 = 0{,}1064 \frac{\lambda}{D^5}, \text{ kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^9. \qquad (13)$$

Pentru valorile coeficientului de frecare $\lambda$ stabilite, coeficientul aerodinamic unitar $R_0$ al coloanelor de aeraj este cel din tabelul 4.

*Tabelul 4*

| $D$, m | $R_0$ | |
|---|---|---|
| | coloane noi | în exploatare |
| 0,4 | 0,2000 | 0,2640 |
| 0,5 | 0,0640 | 0,0820 |
| 0,6 | 0,0250 | 0,0320 |
| 0,7 | 0,0112 | 0,0140 |
| 0,8 | 0,0056 | 0,0070 |
| 0,9 | 0,0031 | 0,0038 |
| 1,0 | 0,0018 | 0,0022 |
| 1,1 | 0,0011 | 0,0013 |
| 1,2 | 0,0007 | 0,0008 |

Valorile coeficientului aerodinamic unitar $R_0$ prezentate corespund coloanelor metalice noi sau în exploatare, nedeformate și realizate printr-un montaj corect.

Elementele coloanelor de aeraj se cuplează, de obicei, prin flanșe și garnituri de cauciuc pentru a le mări gradul de etanșeitate. Dacă nu se asigură un montaj foarte corect care, de fapt, este și foarte pretențios de realizat, garnitura micșorează diametrul coloanei, ceea ce, potrivit relației (13), mărește valoarea coeficientului aerodinamic unitar.

Un calcul simplu arată că valoarea coeficientului aerodinamic unitar al coloanelor noi ajunge la valoarea coeficientului aerodinamic al coloanelor în exploatare dacă diametrul coloanei se reduce cu 4—5 %, lucru uşor probabil, datorită montajului, dar şi deformării coloanelor.

Avînd în vedere faptul că o coloană montată se exploatează un timp mai îndelungat, în proiectarea instalaţiilor de aeraj parţial trebuie avute în vedere valorile coeficientului aerodinamic unitar pentru coloanele în exploatare, fapt justificat aşa cum s-a arătat şi de realizarea montajului.

În exploatarea coloanelor de aeraj apar însă deformări inerente, care reduc diametrul coloanelor, ceea ce conduce la creşterea coeficientului aerodinamic unitar al acestora.

Întrucît în factorul de montaj coeficientul aerodinamic unitar nu intervine decît la puterea 1/3, variaţia acestuia în limite restrînse modifică destul de puţin valoarea factorului de montaj. Acceptînd o creştere a factorului de montaj de 5 %, rezultă că se poate admite o majorare cu 15 % a coeficientului aerodinamic unitar.

Pentru coloanele în exploatare se pot deci admite valorile din tabelul 5, care stabilesc coeficientul aerodinamic unitar maxim şi diametrul minim pînă la care coloanele pot fi menţinute în funcţiune.

*Tabelul 5*

| $D_{nom}$, m | $R_{0\ max}$ | $D_{min}$, m |
|---|---|---|
| 0,4 | 0,3000 | 0,37 |
| 0,5 | 0,0940 | 0,46 |
| 0,6 | 0,0360 | 0,56 |
| 0,7 | 0,0160 | 0,65 |
| 0,8 | 0,0080 | 0,75 |
| 0,9 | 0,0043 | 0,84 |
| 1,0 | 0,0025 | 0,94 |
| 1,1 | 0,0015 | 1,04 |
| 1,2 | 0,0009 | 1,14 |

În exploatarea coloanelor metalice de aeraj este deci important ca valoarea coeficientului aerodinamic unitar să nu depăşească valoarea maximă admisă, lucru ce se poate realiza printr-un montaj corect şi menţinerea secţiunii nominale pe întreaga lungime de lucru.

## Concluzii

**1.** Coeficientul aerodinamic al coloanelor metalice de aeraj este determinat de mărimea coeficientului de frecare a aerului ce circulă prin coloane şi variază în limite foarte restrînse în funcţie de starea fizică a aerului şi de viteza de circulaţie a acestuia prin coloane.

**2.** Rugozitatea coloanelor metalice de aeraj nu modifică prea mult mărimea coeficientului de frecare şi deci şi a coeficientului aerodinamic unitar.

**3.** Reducerea diametrului coloanelor de aeraj, prin deformarea acestora sau printr-un montaj necorespunzător, poate conduce însă la creşteri nejustificate ale coeficientului aerodinamic unitar pînă la valori neacceptabile funcţionării instalaţiilor de aeraj parţial.

**4.** În proiectarea funcţionării instalaţiilor de aeraj parţial trebuie avută în vedere valoarea coeficientului aerodinamic unitar al coloanelor metalice considerate în exploatare.

**5.** În exploatarea coloanelor de aeraj parţial, trebuie urmărită realizarea unui montaj corect, fără reducerea secţiunii, prin menţinerea diametrului nominal pe întreaga lungime de lucru a coloanelor.

### Bibliografie


[1] Bălţăreţu Florica, Matei, I. *Serii de ventilatoare necesare pentru aerajul parţial.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 9, 1979.

[2] Cornea, Z. *Caracteristicile de funcţionalitate ale coloanelor de aeraj parţial.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 6, 1988.

[3] Ionescu, D. G. *Introducere în hidraulică,* 1977.

[4] Maercks, I., Ostermann W. *Mecanică minieră.* 1961.


# Studiu privind repartizarea granulometrică a particulelor şi a conţinutului de substanţă utilă într-un circuit de măcinare a minereului în două trepte


Ing. **L. Ciroie**
Mina Rodna — Făget


Într-un flux de preparare a substanţelor minerale utile prin flotaţie, măcinarea este operaţia prin care se asigură mărunţirea finală a minereului pînă la dezasocierea totală sau aproape totală a mineralelor pe care le conţine minereul, după care acesta este supus concentrării.

Întrucît măcinarea este o fază cheie a procesului de preparare prin flotaţie de care depinde realizarea calităţii concentratelor şi obţinerea unor randamente tehnologice sporite, cunoaşterea amănunţită a procesului duce la stăpînirea şi conducerea lui în vederea obţinerii celor mai bune rezultate. Circuitul de măcinare fiind format din mai multe utilaje, s-au studiat, din punct de vedere granulometric şi al conţinutului de substanţă utilă, cinci produse ale circuitului, aşa cum se vede din tabe-

*Tabelul 1*

| Produsul | Dimensiunea ochiurilor sitei, mm | Clasa granulometrică, mm | Produse obținute | | | | | | Elemente utile, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | refuzuri parțiale | | refuzuri cumulate | | treceri cumulate | | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ | $U_4$ |
| | | | $\Sigma gi$ | % | $\Sigma gi$ | % | $\Sigma gi$ | % | | | | |
| 1 | 0,4 | >0,4 | 190 | 38 | 190 | 38 | 310 | 62 | — | — | — | — |
| | 0,2 | 0,4 —0,2 | 35 | 7 | 225 | 45 | 275 | 55 | 0,29 | 0,01 | 1,43 | 9,88 |
| | 0,125 | 0,2 —0,125 | 45 | 9 | 270 | 54 | 230 | 46 | 0,30 | 0,03 | 1,34 | 16,96 |
| | 0,08 | 0,125—0,08 | 55 | 11 | 325 | 65 | 175 | 35 | 0,35 | 0,01 | 1,53 | 15,03 |
| | 0 | 0,08 —0 | 175 | 35 | 50 | 100 | 0 | 0 | 0,68 | 0,03 | 1,85 | 9,75 |
| | Total | | 500 | 100 | — | — | — | — | 0,47 | 0,02 | 1,62 | 11,96 |
| 2 | 0,4 | >0,4 | 65 | 13 | 65 | 13 | 435 | 87 | 0,40 | 0,01 | 1,14 | 14,42 |
| | 0,2 | 0,4 —0,2 | 95 | 19 | 160 | 32 | 340 | 68 | 0,25 | 0,02 | 1,28 | 20,66 |
| | 0,125 | 0,2 —0,125 | 80 | 16 | 240 | 48 | 260 | 52 | 0,19 | 0,02 | 1,47 | 31,31 |
| | 0,08 | 0,125—0,08 | 100 | 20 | 340 | 68 | 160 | 32 | 0,37 | 0,01 | 1,49 | 28,29 |
| | 0 | 0,08 —0 | 160 | 32 | 500 | 100 | 0 | 0 | 0,58 | 0,01 | 2,00 | 18,27 |
| | Total | | 500 | 100 | — | — | — | — | 0,36 | 0,02 | 1,46 | 22,00 |
| 3 | 0,4 | >0,4 | 5 | 1 | 5 | 1 | 495 | 99 | 0,29 | 0,01 | 0,86 | 8,66 |
| | 0,2 | 0,4 —0,2 | 50 | 10 | 55 | 11 | 445 | 89 | 0,12 | 0,02 | 0,71 | 14,83 |
| | 0,125 | 0,2 —0,125 | 75 | 15 | 130 | 26 | 370 | 74 | 0,12 | 0,02 | 1,33 | 5,08 |
| | 0,08 | 0,125—0,08 | 120 | 24 | 250 | 50 | 250 | 50 | 0,47 | 0,02 | 1,64 | 15,38 |
| | 0 | 0,08 —0 | 250 | 50 | 500 | 100 | 0 | 0 | 0,70 | 0,01 | 1,92 | 18,81 |
| | Total | | 500 | 100 | — | — | — | — | 0,43 | 0,01 | 1,52 | 15,44 |
| 4 | 0,4 | >0,4 | 5 | 1 | 5 | 1 | 495 | 99 | 0,38 | 0,01 | 1,38 | 11,05 |
| | 0,2 | 0,4 —0,2 | 10 | 2 | 15 | 3 | 485 | 97 | 0,14 | 0,01 | 0,57 | 4,05 |
| | 0,125 | 0,2 —0,125 | 40 | 8 | 55 | 11 | 445 | 89 | 0,14 | 0,01 | 0,93 | 8,78 |
| | 0,08 | 0,125—0,08 | 135 | 27 | 190 | 38 | 310 | 62 | 0,37 | 0,01 | 1,62 | 16,00 |
| | 0 | 0,08 —0 | 310 | 62 | 500 | 100 | 0 | 0 | 0,59 | 0,03 | 1,93 | 15,17 |
| | Total | | 500 | 100 | — | — | — | — | 0,39 | 0,02 | 1,44 | 13,92 |
| 5 | 0,4 | >0,4 | 10 | 2 | 10 | 2 | 490 | 98 | 0,13 | 0,01 | 0,32 | 3,57 |
| | 0,2 | 0,4 —0,2 | 150 | 30 | 160 | 32 | 340 | 68 | 0,10 | 0,04 | 0,93 | 6,18 |
| | 0,125 | 0,2 —0,125 | 165 | 33 | 325 | 65 | 175 | 35 | 0,20 | 0,01 | 1,90 | 30,90 |
| | 0,08 | 0,125—0,08 | 125 | 25 | 450 | 90 | 50 | 10 | 0,42 | 0,01 | 1,55 | 38,86 |
| | 0 | 0,08—0 | 50 | 10 | 500 | 100 | 0 | 0 | 1,16 | 0,01 | 1,75 | 25,58 |
| | Total | | 500 | 100 | — | — | — | — | 0,57 | 0,02 | 1,43 | 22,88 |

lul 1 și graficul din figura 1, în care sînt redate rezultatele medii obținute.

Măcinarea se face în cele două mori, și anume în moara cu măcinare autogenă, unde are loc o măcinare primară, și în moara cu bile,

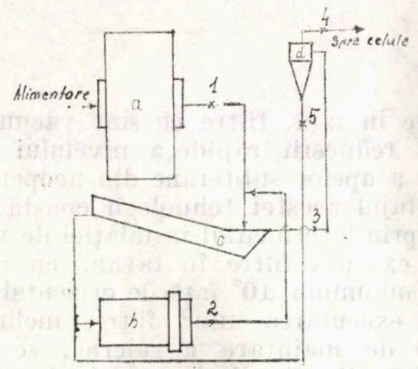



Fig. 1. Schema circuitului de măcinare de la uzina de preparare Rodna — Făget : *a* — moară autogenă cu diametrul de 6 000 × 18 mm ; *b*— moară cu bile cu diametrul de 2 700 × × 3 000 mm ; *c*— clasor mecanic spiral cu diametrul de 2 000 mm ; *d* — hidrociclon cu diametrul de 450 mm ; *1* — evacuare din moara autogenă ; *2* — evacuare din moara cu bile ; *3* — revărsare clasor ; *4* — suprascurgere hidrociclon ; *5* — îngroșat hidrociclon.

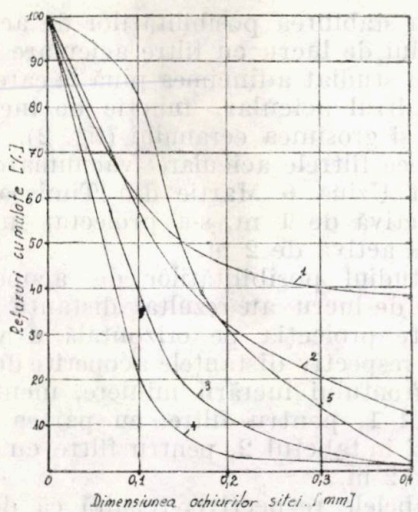



Fig. 2. Curbele granulometrice ale produselor *1*—*5*, din figura 1 și tabelul 1.

unde se face măcinarea fină. Morile lucrează în condiții diferite : moara autogenă Ø 6 000 × ×1 600 mm execută măcinarea fără adaos de corpuri de măcinare, iar moara Ø 2 700×3 000 mm lucrează la o încărcătură de 23—25 t bile din oțel manganos.

La utilajele de clasare se urmărește concentrarea particulelor fine în produsele evacuate, funcționarea și construcția lor fiind diferită. În clasorul spiral clasarea se realizează pe baza diferenței vitezelor de cădere a particulelor în curentul de tulbureală, iar în hidrociclon — pe baza greutății specifice și a dimensiunii particulelor minerale. Separarea are loc sub acțiunea a două forțe principale : forța centrifugă, a cărei mărime este în funcție de componenta tangențială a vitezei curentului de tulbureală, și presiunea curentului radial, care este determinată de mărimea curentului radial.

Comparînd produsele evacuate din cele două mori, constatăm, la evacuarea din moara autogenă, o gamă mai largă de clase granulometrice cu cantități mai mici în fiecare clasă, dimensiunea maximă evacuată fiind de 15—20 mm, iar în clasa 0—0,08 mm, la majoritatea încercărilor, s-a obținut o cantitate mai mare de particule fine decît la moara cu bile. La evacuarea din moara cu bile particulele au dimensiunea cuprinsă între 0 și 5 mm, iar cantitățile de particule din fiecare clasă granulometrică sînt mai mari.

Din datele obținute se justifică rolul de măcinare autogenă primară exercitat de moara autogenă, în care dimensiunile minereului alimentat sînt cuprinse între 0 și 400 mm, precum și rolul de măcinare fină exercitat de moara cu bile.

Analizînd produsele rămase, se observă că în revărsarea clasorului se concentrează particulele fine evacuate din mori, din care, introduse în hidrociclon, se obține, la suprascurgere, produsul final al circuitului de măcinare-clasare, în care ponderea particulelor fine crește mult.

Privite toate cele cinci produse, se observă cum în succesiunea fluxului, de la intrare spre ieșire, dimensiunea particulelor scade, concentrîndu-se în produse cantități tot mai mari de particule de dimensiuni tot mai mici.

În ce privește conținutul de substanță utilă, se observă concentrații diferite de elemente în produsele analizate, din care iese în evidență îngroșatul hidrociclonului în care conținutul de elemente, în special $U_1$ și $U_4$, este mai mare decît în celelalte produse. Aceasta se explică prin faptul că hidrociclonul, pe lîngă rolul de control al fineții de măcinare, concentrează în produsul grosier atît particule grobe, cît și o cantitate considerabilă de elemente utile datorită greutății specifice mari a mineralelor $U_1$ și $U_4$, existînd posibilitatea recuperării acestor metale încă din circuitul de măcinare.

Privind repartizarea elementelor utile pe clasele granulometrice, se observă o creștere a conținuturilor de la clasa >0,4 mm spre clasa 0,08—0 mm, ceea ce, în general, este proporțional cu cantitățile de minereu din fiecare clasă, de unde reiese că substanța utilă este fin și uniform concrescută în roca minieră, iar pentru a asigura desprinderea și independența particulelor de substanță utilă față de cele sterile, este necesară o măcinare destul de avansată, și anume de 70—75% pe sita de 200 de ochiuri pe țol, această finețe asigurînd condițiile obținerii unor randamente maxime de extracție a metalelor.

**Bibliografie**

[1] Crăescu, I. ș.a. *Prepararea substanțelor minerale utile.* Ed. didactică și pedagogică, București, 1982.

[2] Ciroie, L. *Încercări în flux pentru determinarea parametrilor optimi la funcționarea unui circuit de măcinare în două trepte.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 5, 1987.

# Folosirea filtrelor înclinate vacuumate la săparea lucrărilor miniere de deschidere şi pregătire în strate de lignit cu nisip acvifer în acoperişul direct

Dr. geol. C. Enache
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Generalităţi

În zăcămintele de lignit există zone în care stratele de cărbune au în acoperişul direct nisipuri acvifere, iar de-a lungul traseului galeriilor magistrale de deschidere se întîlnesc variaţii frecvente de grosime a ecranului de argilă, de la 0 la 2 m. Chiar cînd se păstrează iniţial un ecran suficient din argilă şi din cărbune, din cauza variaţiilor amintite se produc erupţii în frontul de lucru. Cînd lucrările miniere de deschidere sînt cu panta în jos, din cauza ondulaţiilor stratului de cărbune, pericolul de erupţie este şi mai mare.

Pentru a preveni astfel de situaţii s-au elaborat şi s-au aplicat tehnologii de drenare prealabilă a nisipurilor acvifere în avansul lucrărilor miniere de deschidere, cu foraje de drenare echipate cu pompe submersibile plasate pe ambele laturi ale lucrărilor miniere, respectiv la distanţe ce au ajuns la 30—50 m (fig. 1).

Apa remanentă se drenează prin filtre penetrante săpate din lucrările miniere de deschidere, la cîţiva zeci de metri în spatele frontului de lucru.

Această tehnologie de asecare a dat rezultate în nisipuri acvifere lipsite de alimentare importantă şi care se găseau la presiuni iniţiale de 0,7—1,0 at.

În condiţiile în care nisipurile acvifere din acoperiş sînt alimentate şi cînd presiunea hidrostatică iniţială a depăşit 11—15 m C.A., ca în exemplul din figura 1, a fost necesară o altă tehnologie.

Tehnologia constă în executarea în frontul de lucru a unor filtre în tavan, sub o anumită înclinare în faţă, filtre ce sînt vacuumate în vederea reducerii rapide a nivelului la cota minimă a apelor subterane din acoperiş.

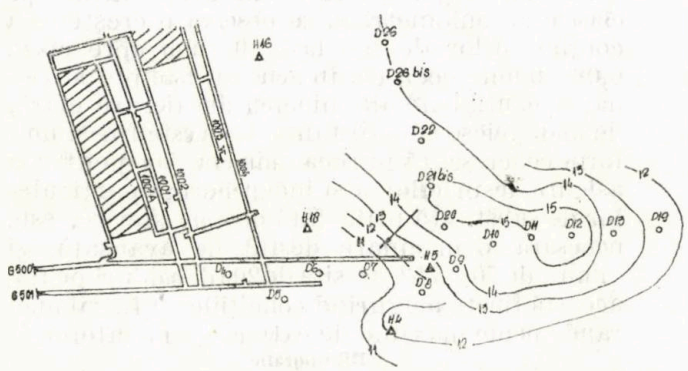


Fig. 1. Presiunea redusă (m C.A.) în timpul funcţionării orajelor de drenare cu pompe submersibile săpate în faţa galeriilor de deschidere.

Avantajul acestei tehnologii constă în faptul că, prin intermediul instalaţiei de vacuum, se pot executa filtre în tavan, cu înclinare pînă la minimum 10° faţă de orizontală.

Prin executarea unor filtre înclinate în direcţia de înaintare a galeriei, se asigură verificarea situaţiei litologice în tavan, în faţa frontului de lucru, precum şi mutarea punctului de coborîre maximă a nivelului apei remanente din spatele frontului (la filtrele verticale) în faţa acestuia.

## II. Alegerea înclinării optime

Pentru stabilirea posibilităţilor de acoperire a frontului de lucru cu filtre aciculare vacuumate, s-a studiat adîncimea pînă la care poate ajunge filtrul acicular, funcţie de înclinarea acestuia şi grosimea ecranului (fig. 2).

Deoarece filtrele aciculare vacuumate, construite la Uzina 6 Martie din Timişoara, au partea activă de 1 m, s-a proiectat un filtru cu partea activă de 2 m.

Din studiul posibilităţilor de acoperire a frontului de lucru au rezultat distanţe la care se găseşte proiecţia pe orizontală a vîrfului filtrului, respectiv distanţele acoperite de filtru, în faţa frontului lucrării miniere, menţionate în tabelul 1, pentru filtre cu partea activă de 1 m, şi în tabelul 2, pentru filtre cu partea activă de 2 m.

Din tabelele respective, rezultă că de la 10 la 20° înclinare, filtrele cu partea activă de 2m asigură o acoperire a frontului cu circa 1 m mai mare faţă de filtrele cu partea activă de 1 m. Între 20 şi 45°, diferenţa este din ce în ce mai mică, devenind neglijabilă.

*Tabelul 1*

| Înclinare, grade | Ecran în tavan, m | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 45 | 1,20 | 1,70 | 2,20 | 2,70 |
| 40 | 1,36 | 1,96 | 2,56 | 3,15 |
| 35 | 1,53 | 2,25 | 2,96 | 3,67 |
| 30 | 1,74 | 2,60 | 3,47 | 4,33 |
| 25 | 1,98 | 3,05 | 4,13 | 5,20 |
| 20 | 2,31 | 3,69 | 5,06 | 6,44 |
| 15 | 2,83 | 4,66 | 6,56 | 8,42 |
| 10 | 3,81 | 6,65 | 9,49 | 12,32 |

Unghiul cel mai avantajos este de 10°, cînd se obţine — pentru partea activă de 2 m şi un ecran de 0,5 m — o acoperire în faţa frontului de circa 5 m, iar la ecran de 2 m — de circa 13 m.

Din domeniul acceptabil de înclinări, pentru 25° se obţin cele mai mici valori de acoperire a frontului de lucru, de circa 3 m, pentru 0,5 m ecran, şi pînă la 6 m, pentru ecran de 2,0 m.

Lungimea părţii inactive a filtrului acicular vacuumat (coloană plină), care depinde de înclinarea şi de grosimea ecranului, este dată în tabelul 3.

*Tabelul 2*

| Înclinare, grade | Ecran în tavan, m | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 45 | 1,91 | 2,41 | 2,91 | 3,41 |
| 40 | 2,12 | 2,72 | 3,32 | 3,91 |
| 35 | 2,31 | 3,06 | 3,77 | 4,48 |
| 30 | 2,60 | 3,64 | 4,33 | 5,19 |
| 25 | 2,88 | 3,95 | 5,03 | 6,10 |
| 20 | 3,25 | 4,63 | 6,00 | 7,38 |
| 15 | 3,80 | 5,30 | 7,53 | 9,39 |
| 10 | 4,80 | 7,64 | 10,48 | 13,31 |

*Tabelul 3*

| Înclinare, grade | Grosime ecran | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 45 | 0,56 | 1,41 | 2,12 | 2,83 |
| 40 | 0,77 | 1,55 | 2,33 | 3,11 |
| 35 | 0,87 | 1,74 | 2,61 | 3,48 |
| 30 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 |
| 25 | 1,18 | 2,36 | 3,55 | 4,73 |
| 20 | 1,46 | 2,92 | 4,38 | 5,85 |
| 25 | 1,93 | 3,86 | 5,80 | 7,72 |
| 10 | 2,87 | 5,76 | 8,64 | 11,51 |

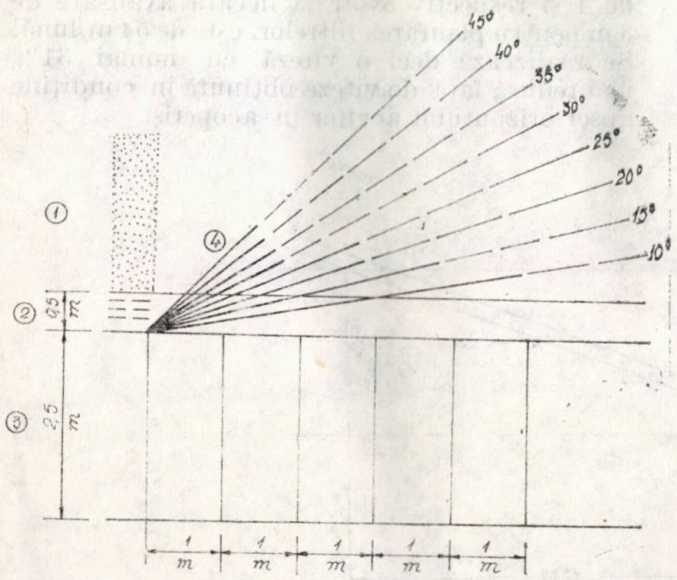



Fig. 2. Acoperirea frontului de către filtru la diferite înclinări, pentru un ecran de 0,5 m grosime :
*1* — nisip acvifer ; *2* — ecran argilos ; *3* — front în cărbune ; *4* — filtru

## III. Instalaţia de vacuumare

În ţară se fabrică o instalaţie de vacuumare ID—01, cu filtre aciculare, destinată lucrărilor de construcţii, îmbunătăţiri funciare şi asecare locală a taluzurilor în cariere.

Instalaţia este destinată implantării filtrelor aciculare de sus în jos, prin rotire şi jet de apă, cu ajutorul unui dispozitiv special şi extragerea apei în vederea coborîrii pînzei freatice cu pînă la 8 m de la nivelul solului, prin folosirea vacuumului.

Instalaţia de vacuum funcţionează automat, fiind compusă din două pompe de vid MIL 402×2 şi două pompe de apă EPET 65.

Caracteristicile tehnice principale ale agregatelor de pompare :

— debitul de aer la 30 mm col Hg, 2×90 m³/h ;
— depresiunea maximă, 8,9 m C.A. ;
— debitul maxim de apă refulată, 2×40m³/h ;
— puterea totală absorbită, 16 kW ;
— masa netă, 1 050 kg ;
— dimensiuni de gabarit, 3 175×1 400× × 1 530 m.

Adaptarea instalaţiei pentru lucru în subteran se realizează prin :

— înlocuirea şasiului, cu două roţi pe pneuri, cu un şasiu cu roţi de vagonet de mină ;
— înlocuirea pompelor de vid MIL—402 cu pompe ASA 132—S—4 sau ASAM 132—S—4, în construcţie antigrizutoasă ;

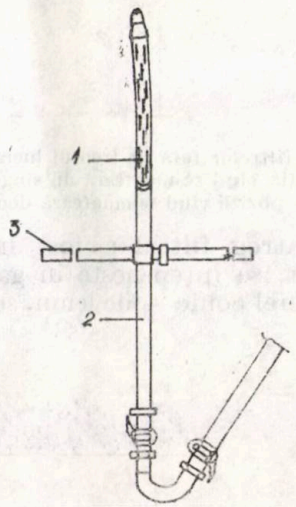



Fig. 3. Filtrul şi mandrina de rotire :
*1* — filtru ; *2* — coloană oarbă ; *3* — mandrină.

— montarea cofretelor AG25 A pentru conectarea motoarelor pompelor de vid ;
— înlocuirea pompelor de apă EPET 65, cu pompe EPETA 65, în construcţie antigrizutoasă ;
— înlocuirea semnalizatoarelor de nivel în construcţie normală cu semnalizatoare în construcţie antigrizutoasă ;
— înlocuirea butoanelor de comandă în construcţie normală cu butoane de comandă şi semnalizare în construcţie antigrizutoasă.

Transformarea instalației de desecare ID—1 în construcție normală în instalație antigrizutoasă IDA—1 a fost descrisă pe larg într-un articol anterior [1].

## IV. Tehnologia de lucru

Filtrele se execută prin perforarea, cu burghiul, a unei găuri de 2 1/2" în partea superioară a frontului lucrării miniere, la contactul cu tavanul, la înclinarea stabilită, funcție de grosimea ecranului. Cînd s-a atins nisipul acvifer, se retrage burghiul și se introduce coloana filtrantă gata pregătită, care se cuplează rapid, prin cuplajul de tip „ciupercă", la conducta de refulare a agregatului. În felul acesta apa pătrunde sub presiune prin interiorul coloanei filtrante, iese prin capătul filtrului și se scurge printre acesta și peretele găurii. Jetul de apă permite spălarea nisipului și ușurează avansarea filtrului care este rotit și împins cu ajutorul unei mandrine (fig. 4).

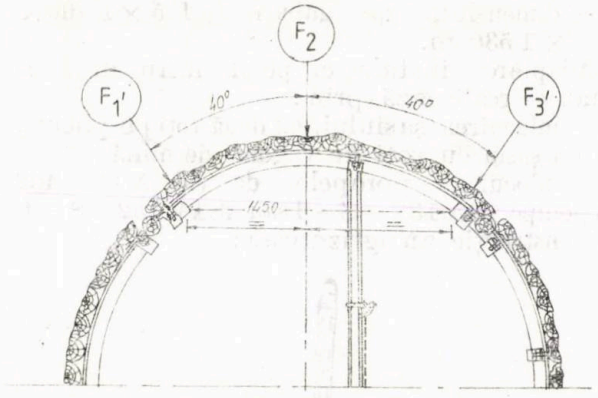



Fig. 4. Poziția filtrelor față de frontul lucrării miniere: $F_2$ — poziția cînd se montează un singur filtru; $F_{1'}$ și $F_{3'}$ — poziții cînd se montează două filtre.

După ce întreg filtrul a fost introdus în nisipul acvifer, se înțepenește în gaura forată cu un dop — inel conic — de lemn, se decuplează de la conducta de refulare și se cuplează definitiv la conducta de absorbție.

Pentru a se realiza forarea la înclinarea stabilită se folosește un șablon.

În condițiile unui ecran de 0,5 — 1,0 m se execută astfel de filtre la distanță de 3 m unul de altul, pe măsura avansării frontului de lucru.

Din studiul hidrodinamic a rezultat că este posibil să se reducă numărul de filtre în tavan, la o alternanță între 1 și 2 filtre, la o avansare corespunzătoare a frontului de lucru (în cazul menționat mai sus de 3 m).

Astfel, se execută un filtru în tavan (poziția *1* în fig. 5), după care frontul avansează 3 m și apoi se execută două filtre evazate spre exterior (pozițiile *2* și *3* în fig. 5).

Din cronometrările efectuate rezultă că pentru forarea și montarea unui filtru sînt necesare 4 ore.

## V. Viteza de avansare

Folosind sistemul de 2 filtre și 1 filtru alternativ, rezultă următoarele avansări, față de avansarea posibilă în condițiile lipsei orizontului acvifer în acoperiș.

*La săparea manuală cu împușcare parțială (la vatră) și armare provizorie cu armături metalice circulare*

Viteza obținută în condiții normale este de 3 m/zi, respectiv 78 m/lună (26 zile lucrătoare).

Viteza, ținînd seama de întreruperile ciclice de 4 și respectiv 8 ore la fiecare avansare de 3 m pentru plantarea filtrelor, este de 54 m/lună. Se realizează deci o viteză cu numai 31% mai redusă față de viteza obținută în condițiile lipsei orizontului acvifer în acoperiș.

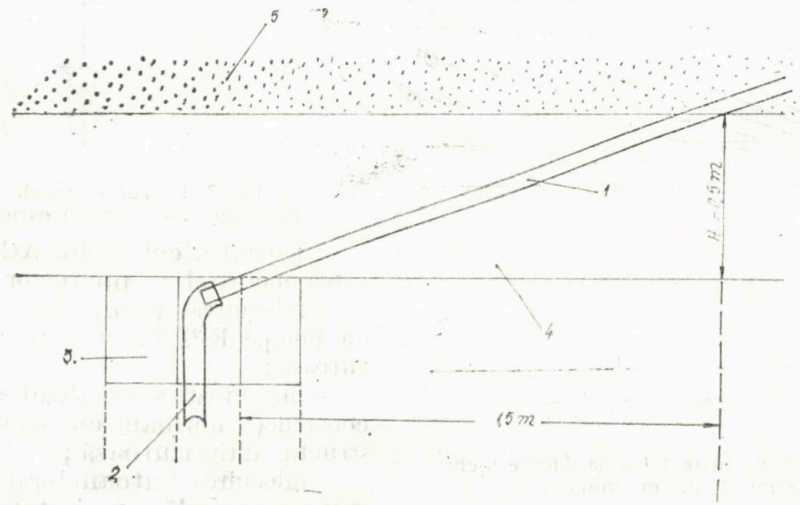



Fig. 5 Poziția filtrului față de poziția inelelor de bolțari: *1* — coloana filtrului; *2* — furtun de cauciuc; *3* — inele de bolțari; *4* — ecran argilos; *5* — nisip acvifer.

*La săparea cu combina și armare provizorie cu armături metalice circulare*

Viteza obținută în condiții normale este de 9 m/zi, respectiv 234 m/lună (26 zile lucrătoare).

Viteza rezultată, ținînd seama de întreruperile de 4 și respectiv 8 ore la fiecare avansare de 3 m pentru plantarea filtrelor, este de 135 m/lună. Rezultă deci, o viteză mai redusă cu 42% decît cea obținută în condițiile lipsei orizontului acvifer în acoperiș.

## VI. Alte probleme

Dacă filtrele vacuumate care se detașează de la conducta de refulare mai au debite peste 0,5 l/min, acestea se lasă să curgă (legate printr-un furtun la o conductă de colectare sau la canal).

Dacă lucrarea minieră este zidită în bolțari, înclinarea filtrelor nu va putea fi mai mică de 25° pentru a nu complica închiderea inelelor.

Instalația de vacuumare poate vacuuma simultan pînă la 100 filtre montate pe conducta de aspirație, care poate avea o lungime maximă de 100 m. Aceasta permite folosirea instalației și în galeriile cu profil simplu, fie prin plasarea ei în timpul lucrului, pe calea de circulație, fie introducerea acesteia în nișe sau bretele de legătură, cu distanța între ele de 100 m.

## Concluzii

Tehnologia de asecare cu filtre aciculare vacuumate, executate înclinat în frontul lucrărilor de deschidere și pregătire, asigură săparea lucrărilor miniere respective sub protecția filtrelor, în condițiile unor nisipuri acvifere în acoperiș față de care ecranele protectoare sînt insuficiente.

Spre deosebire de filtrele care se execută în urma frontului de lucru, filtrele înclinate vacuumate au avantajul că preiau afluxul de apă în fața și nu în spatele frontului de lucru.

### Bibliografie

[1] Enache, C., Tivig, N. *Tehnologie de traversare a nisipurilor acvifere cu instalația de filtre aciculare vacuumate adaptată lucrului în subteran.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 2, 1973.

# Particularitățile mineralogice și chimice ale filonului Mihai—Ilba și implicațiile acestora în probarea tehnologică

Ing. geol. **Gh.-Șt. Damian**[1],
geol. **N. Pop**[2],
geol. **V. Pop**[1]

## Generalități

Stabilirea și adoptarea metodologiei de probare tehnologică au implicat cunoașterea exactă a unor elemente caracteristice zăcămîntului, astfel încît în final să fie asigurată reprezentativitatea probelor extrase.

Pentru fundamentarea metodologiei de probare tehnologică a fost necesară elucidarea, în prealabil, a unor elemente specifice zăcămîntului studiat : structura internă și dimensiunile corpului de minereu, stabilirea compoziției mineralogice și chimice, distribuția componenților utili, prezența unor compuși secundari.

A fost necesară, de asemenea, definirea unor elemente de construcții industriale care stau la baza conturării mineralizației, în condițiile unui halou de impregnație cu sulfuri a rocii-gazdă.

## Cadrul geologic și structural în care este localizată mineralizația

Filonul Mihai este cantonat în partea nordică a zonei Ilba Sud — Purcăreț. Informații privind formațiunile geologice și mineralizațiile asociate acestora sînt furnizate de lucrările elaborate [1; 2; 3; 4; 5; 10].

Peste formațiunile paleogene se dispun produsele vulcanismului badenian reprezentate prin complexul vulcanoclastitelor riodacitice și formațiunea vulcano-sedimentară [10].

Peste complexul vulcanogen sedimentar se dispun două serii de lave andezitice aparținînd andezitului de Seini și andezitului de Ilba. Andezitul de Seini este cel mai bine reprezentat prin curgeri de lave și subordonat clastolave și piroclastite.

[1] Institutul de cercetări, inginerie tehnologică și proiectări pentru minereuri neferoase Baia Mare.
[2] Centrala minereurilor Baia Mare.

În cadrul zonei Ilba Sud—Purcăreț, au fost recunoscute două sisteme de fracturi tectonice, unul carpatic și altul panonic. În sistemul carpatic fractura Mihai-Nepomuc este cea mai importantă, avînd orientare NNV—SSE și

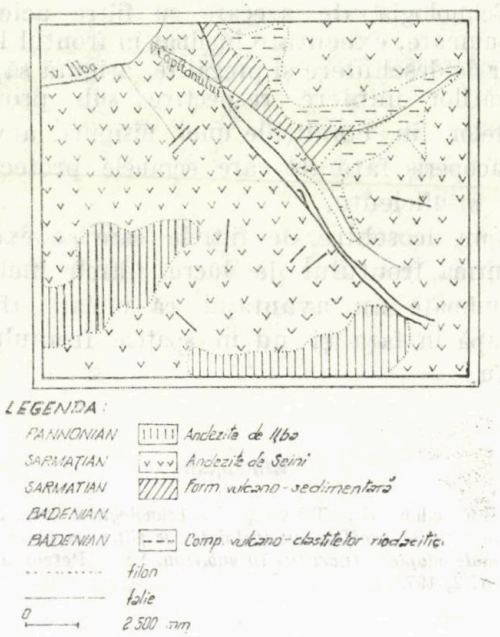



Fig. 1. Schița geologică a sectorului Purcăreț [10].

înclinări de 50—70° spre SSV, cu grosimi de 25 m. Sistemul panonic este reprezentat prin fracturi cu orientări generale NE—SV, fiind reprezentate prin zonele mineralizate Anton, Purcăreț I și Purcăreț II. La sud de falia Mihai-Nepomuc se află o zonă de graben delimitat la NE de fractura Mihai-Nepomuc, la SV de Purcăreț II, la N de falia Anton și la S de zona de înrădăcinare Purcăreț.

## Condițiile de zăcămînt

### *Rocile-gazdă*

Roca -gazdă a mineralizației la nivelul galeriei + 303 este reprezentată, în principal, prin andezite piroxenice de Seini și subordonat prin roci piroclastice.

Andezitul de Seini se prezintă alterat într-un facies propilitic cu mult clorit și adular triclinic, impregnat puternic cu pirită.

Rocile piroclastice se prezintă ca ocurențe izolate în zona de culcuș a mineralizației sau ca elemente în umplutura filoniană; sînt reprezentate prin tufuri lapilice puternic hidrotermalizate și piritizate.

### *Forma și structura mineralizației*

Mineralizația este cantonată pe o fractură cu orientarea NNV—SSE, care delimitează flancul NE al grabenului Purcăreț. Filonul ocupă strict zona de fractură sau este situat în flancul coborît în masa andezitelor triturate și brecifiate.

Se pot delimita, dar fără contur exact, două zone: o zonă cu mineralizație propriu-zisă și o zonă de impregnație. Cum trecerea de la o zonă la alta se face gradat, delimitarea unui corp de minereu cu parametri economici nu se poate realiza pe criterii de ordin geologic. Mineralizația este traversată de fracturi cu direcții perpendiculare pe filon, care produc mici deplasări în plan orizontal. Pe unele din aceste fracturi apar depuneri de blendă, galenă și pirită.

### *Grosimea corpului de minereu*

Prin lucrări de explorare geologică a fost pusă în evidență o zonă mineralizată cu grosimi de pînă la 34 m, care se subțiază la 6—8 mm spre zona de intersecție cu filonul Nepomuc. Stabilirea unei grosimi a corpului de minereu pentru condiții de valorificare economică este greu de realizat. În unele porțiuni limita de culcuș se poate trasa și pe baza unor criterii de ordin geologic. În aceste condiții conturarea corpului de minereu s-a efectuat convențional (fig. 2).

## Compoziția mineralogică și distribuția componenților utili în corpul de minereu

Mineralizația se caracterizează printr-o compoziție mineralogică și o distribuție neomogenă pe grosime. În componența minereului sînt incluși: oxizi, sulfuri, sulfați, carbonați, silicați.

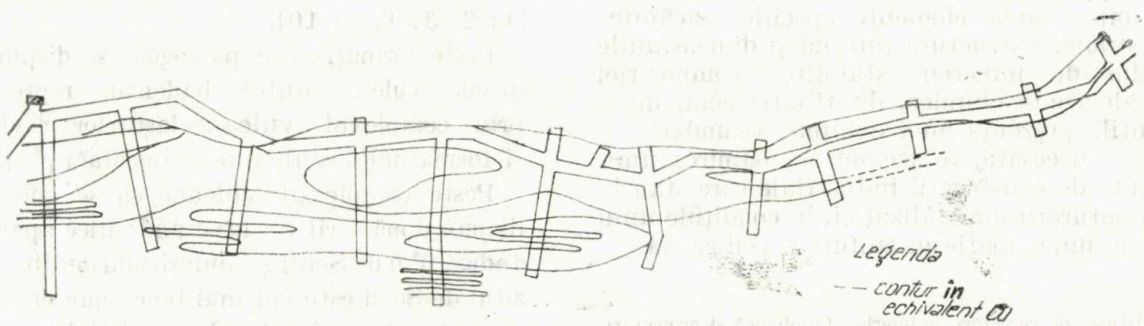



Fig. 2. Grafice termare pentru mineralizația delimitată în contur convențional.

Au fost separate două parageneze mineralogice hipogene dispuse în două etape mineralogenetice distincte. O primă parageneză este constituită din cuarţ, clorit, pirită, calcopirită, cu participarea în cantităţi mici a blendei, galenei, arsenopiritei, marcasitei şi hematit-oligistului. Cea de-a doua parageneză este reprezentată prin asociaţia blendă-galenă, pirită, calcopirită, la care se asociază cantităţi mici de arsenopirită şi marcasită, iar din mineralele de gangă sînt prezente cuarţul şi calcitul.

Într-o etapă ulterioară, în condiţii hipergene, s-au format mineralele secundare reprezentate prin sulfuri şi oxizi de cupru, sulfaţi şi carbonaţi de zinc şi oxizi de fier. Ponderea acestor minerale este redusă, reprezentînd sub 10% din totalul mineralelor metalifere.

### Distribuţia elementelor utile în corpul de minereu

Caracterizarea mineralizaţiei privind conţinuturile în elemente utile a avut la bază rezultatele analizelor chimice.

Variaţia conţinuturilor în elemente utile pe grosimea corpului de minereu este neomogenă.

Natura distribuţiei s-a realizat pentru probele incluse în cadrul conturului convenţional (fig. 3),

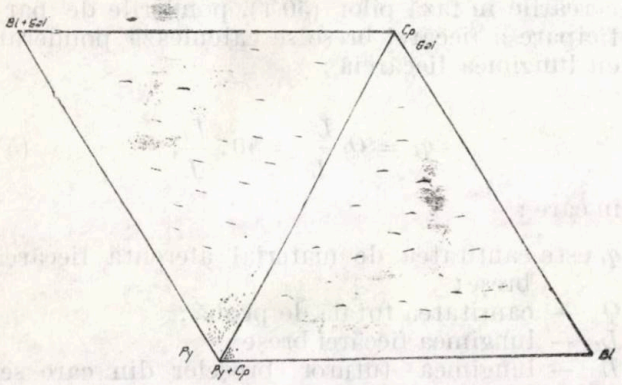



Fig. 3. Conturarea convenţională a corpului de minereu în plan orizontal.

utilizîndu-se următoarele variabile : Pb, Zn, Cu, S. Natura distribuţiei a fost testată în ipoteza normalităţii (Na—N) şi lognormalităţii (Na—log N), utilizînd criteriul momentelor de asimetrie (RK) şi de exces (RE). Din analiza datelor sînt de reţinut următoarele aspecte :

— plumbul şi zincul au o repartiţie complexă, diferită de repartiţia normală şi lognormală ;

— cuprul este distribuit lognormal ;

— sulful prezintă o repartiţie normală.

Se remarcă o omogenitate a colectivităţii pentru cupru şi sulf şi a distribuţiei neomogene a plumbului şi zincului.

Evaluarea variabilităţii s-a realizat cu ajutorul coeficientului de variaţie (CV) şi a coeficienţilor de neuniformitate (V).

Plumbul şi zincul prezintă valori mari ale coeficientului de variaţie şi valori scăzute ale coeficientului de uniformitate, mineralizaţia prezentînd un aspect neuniform pentru aceste elemente. Sulful prezintă valori mici pentru CV şi valori mari pentru V, indicînd o distribuţie omogenă în cadrul mineralizaţiei. Cuprul are valori mici pentru CV şi medii pentru V, prezentînd o variaţie scăzută şi o distribuţie uniformă, cu mici variaţii în cadrul mineralizaţiei.

Tipul de minereu a fost stabilit utilizînd datele privind compoziţia mineralogică normativă care au fost proiectate în graficele din figura 3.

Caracterul pirito-cuprifer se remarcă în ambele grafice. În diagrama Py—Cp—Bl+Ga se remarcă o slabă tendinţă plumbo-zinciferă, care corespunde cu zonele de îmbogăţire în plumb şi zinc.

### Evaluarea gradului de alterare a mineralizaţiei pe criterii mineralogice

Gradul de alterare a mineralizaţiei a fost stabilit pe baza investigaţiilor mineralogice complexe, putînd fi reţinute următoarele concluzii :

— în majoritatea cazurilor, zonele de îmbogăţire în plumb şi zinc se caracterizează şi prin ponderi ridicate de participare a compuşilor secundari ;

— cei mai frecvenţi compuşi secundari sînt sulfurile secundare de cupru, distribuţia acestora fiind neuniformă pe grosimea corpului de minereu ;

— compuşii secundari de zinc se pretează mai puţin investigaţiilor mineralogice ; totuşi, smitsonitul a fost identificat, dar în cantităţi extrem de mici ;

— compuşii secundari de plumb au fost puşi în evidenţă prin analize microscopice ; distribuţia acestor compuşi este strîns legată de distribuţia galenei.

### Problema conturării corpului de minereu

Conturarea corpului de minereu pe baza unor criterii de ordin geologic fiind imposibilă, s-a apreciat ca satisfăcătoare delimitarea rezervelor pe baza conţinutului minim extractibil (în sens de conţinut limită marginal). Acest conţinut este cel din care, în condiţiile tehnologice actuale, mai pot fi extrase metale, fără a fi luate în considerare aspecte de ordin economic. În cazul preparării prin flotaţie, acest conţinut corespunde conţinutului în metale al sterilului de preparare de la sortul cuprifer de la mina Ilba. Pe baza unor coeficienţi ce au servit la transformarea rezervelor geologice în rezerve industriale, conţinutul minereului industrial a fost transformat în conţinut geologic.

Acest conţinut şi conţinuturile din probe geologice de bază, rezultate din activitatea de explorare geologică pentru elementele de bază — Pb, Zn, Cu, S — au fost convertite în conţinuturi echivalente în cupru, ţinînd cont de caracterul

cuprifer polimetalic al mineralizației, utilizînd următoarele relații:

$$K_i = \frac{V_i}{V_{et}}; \quad (1)$$

$$C_{ech} = K_i \cdot C_i; \quad (2)$$

$$Cu_{ech} = \sum_{i=1}^{n} C_{ech}, \quad (3)$$

în care:

$K_i$ este coeficientul de echivalență;
$V_i$ — valoarea elementelor în concentrate conform Decretului nr. 232/1982;
$V_{et}$ — valoarea elementului etalon în concentrate;
$C_i$ — conținuturile reale individuale ale elementelor;
$n$ — numărul total de elemente utile;
$C_{ech}$ — conținutul echivalent în cupru.

Acest conținut a servit la delimitarea în secțiunea de probare a corpului de minereu. Prin corelarea datelor din fiecare secțiune de probare s-a realizat conturarea corpului de minereu în secțiune orizontală (cota 303).

**Metodologia de probare tehnologică**

În afara caracteristicilor chimico-mineralogice, în adoptarea metodologiei de probare tehnologică trebuie să se țină cont și de metodologia de explorare și programul de cercetare tehnologică.

Metodica de explorare utilizată în cercetarea mineralizației influențează metodologia de probare tehnologică sub două aspecte:

— condiționează cantitatea de informații;
— prezintă un caracter limitativ privind numărul punctelor de probare tehnologică.

Programul de cercetare tehnologică influențează metodologia de probare tehnologică prin structura cercetării și prin cantitatea de minereu necesară testărilor.

*Constituirea probei tehnologice pentru testări în fază laborator*

Ținînd seama de cantitatea de material necesară testărilor în fază laborator (300 kg), pentru reprezentarea în această cantitate a tuturor caracteristicilor mineralogice și chimice ale mineralizației (prezența unor compuși secundari, alături de o distribuție neregulată a componenților minerali utili), este necesară recoltarea de material din multe puncte distribuite uniform pe toată grosimea și lungimea mineralizației. S-a considerat că cea mai reprezentativă probă tehnologică este cea constituită din materialul rezultat la probarea geologică. Proba tehnologică se poate constitui după următoarea formulă:

$$q = \frac{Q}{n}, \quad (4)$$

în care:

$q$ este cantitatea de material cu care fiecare probă participă la constituirea probei;
$Q$ — cantitatea totală de probă necesară încercărilor tehnologice;
$n$ — numărul de probe geologice.

*Constituirea probei pentru încercări în fază pilot*

Ținînd cont de cantitatea ridicată de material necesară încercărilor în fază pilot, în condițiile asigurării reprezentativității probei extrase, s-au analizat două variante de metodologie pentru probarea tehnologică:

- selectarea unor brețe în care mineralizația prezintă caracteristici calitative apropiate de conținuturile medii ale mineralizației din brețe, care să asigure reprezentarea în probă atît a zonelor cu caracter polimetalic, cît și a celor cuprifere;
- luarea în considerare a tuturor brețelor.

Cunoscînd necesarul de material pentru încercările în fază pilot (50 t), ponderile de participare a fiecărei brețe se calculează ponderat cu lungimea fiecăreia:

$$q_i = Q \cdot \frac{L_i}{L} = 50 \cdot \frac{L_i}{L}, \quad (5)$$

în care:

$q_i$ este cantitatea de material aferentă fiecărei brețe;
$Q$ — cantitatea totală de probă;
$L_i$ — lungimea fiecărei brețe;
$L$ — lungimea tuturor brețelor din care se extrage material.

Gabaritul excavației necesar de executat pentru obținerea materialului poate fi stabilit pe baza următoarelor elemente:

— lungimea fiecărei brețe, $L_i$, m;
— cantitatea de material ce revine fiecărei brețe, $q_i$;
— greutatea volumetrică a minereului = $= 2{,}75$ t/m$^3$;
— secțiunea excavației, $S_i$, m$^2$:

$$S_i = l \cdot a,$$

unde:

$l$ este lățimea;
$a$ — adîncimea

sau:

$$S_i = \frac{q_i}{2{,}75 \cdot L_i}, \text{ m}^2.$$

Comparînd conținuturile medii pe brețe cu conținutul mediu al mineralizației din conturul convențional (fig. 4), rezultă că nici una din

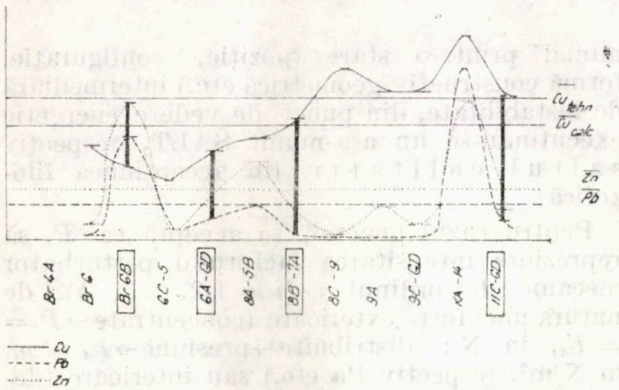



Fig. 4. Conținutul mediu al brețelor — comparativ cu conținuturile medii.

brețe nu prezintă conținuturi medii apropiate de ale mediei mineralizației. Pentru recoltarea unor probe tehnologice în varianta întîi, combinația acceptabilă ar fi între brețele 6 *B*, 8 *A* (5*B*), 8*C* (9), 9*C*(6*D*) și 11*C*(16).

## Concluzii

Mineralizația filonului Mihai se caracterizează printr-o compoziție mineralogică simplă, cu predominarea piritei, calcopiritei și subordonat a galenei și blendei. Minerale secundare, de importanță mineralogică și tehnologică, sînt cele de cupru. Corpul de minereu are o grosime mare, cu o distribuție neregulată a componenților utili pe grosimea și direcția mineralizației. Cuprul este uniform distribuit în contrast cu plumbul și zincul, care au o distribuție neuniformă.

Au fost separate două parageneze mineralogice hipogene depuse în două etape mineralogice distincte.

Întrucît conturarea corpului de minereu, pe baza unor criterii de ordin geologic, a fost imposibilă, problema s-a abordat pe baza unor criterii convenționale, utilizînd elemente de condiții industriale.

La adoptarea metodologiei de probare tehnologică s-a ținut cont, în afara caracteristicilor chimico-mineralogice, și de metodologia de explorare geologică și de programul de cercetare tehnologică

Proba tehnologică pentru testări de preparare în fază laborator este o probă reprezentativă, fiind constituită din probe parțiale, distribuite uniform pe grosimea și direcția corpului de minereu. Constituirea probei tehnologice pentru testări de preparare în fază pilot în primă variantă prezintă riscul neconfirmării conținuturilor și a nereprezentării în proba extrasă a tuturor variațiilor de compoziție minerealogică și, în special, a conținuturilor reale de componenți minerali secundari. Varianta a doua, mai laborioasă, asigură un grad de certitudine mai ridicat în ce privește reprezentativitatea, atît sub aspect chimic, cît și mineralogic.

### Bibliografie


[1] Andronescu, A. ș.a. *Contribuții la cunoașterea zăcămîntului Ilba—Hondol.* Revista Minelor, 9, 1962.

[2] Borcoș, M. ș.a. *Studiul zăcămîntului Ilba și al zonelor mineralizate înconjurătoare.* Arhiva I.P.E.G. Maramureș.

[3] Costache, C. *Raportul lucrărilor geologice sector Ilba.* Arhiva I.P.E.G. Maramureș.

[4] Dambrody, V. *Raport geologic asupra lucrărilor de prospecțiune executate la sectorul Ilba—Cicîrlău.* Arhiva I.P.E.G. Maramureș.

[5] Duma, I. *Raportul lucrărilor geologice — sector Ilba.* Arhiva I.P.E.G. Maramureș.

[6] Murgu, M. *Exploatabilitatea zăcămintelor metalifere.* Ed. tehnică, București, 1970.

[7] Sandu, D. ș.a. *Probarea zăcămintelor de substanțe utile.* Ed. tehnică, București, 1977.

[8] Smirnov, S. S. *Zona de oxidare a zăcămintelor de sulfuri.* Iz. Akademii Nauk SSSR, Moskva, 1951.

[9] Socolescu, M. *Prospecțiunea și explorarea geologică.* Ed. tehnică, București, 1970.

[10] Stan, D. ș.a. *Raport geologic asupra prospecțiunilor geologice efectuate în perimetrul Ilba—Purcăreț în anul* 1976. Arhiva I.P.E.G. Maramureș.

[11] Sarapov, I. P. *Utilizarea statisticii matematice în geologie.* Ed. tehnică, București, 1968.

[12] Uytenbagaardt, W. et al. *Tables for microscopie identification of on minerals.* Elsenier Publishing Company Amsterdam, London, New York. 1971.

# O formă generală a unui criteriu de securitate tehnică*)

Prof. dr. ing. A. Pavel
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

A. Proprietatea unui sistem fizic sau tehnic, în general și a unui aparat termomecanic, în particular, de a-și menține starea (poziția, configurația, forma constructiv-geometrică etc.) ori de a reveni de la sine la starea (poziția, configurația, forma constructiv-geometrică etc.) inițială, de referință, atunci cînd el este deplasat, deranjat sau distorsionat față de starea respectivă, ca urmare a materializării acțiunii unui factor perturbator mecanic de intensitate $P_{i(i=1,2,\ldots,k)}$, se numește stabilitate mecanică. În funcție de modul cum se exercită acțiunea mecanică perturbatoare (static, dinamic, variabil), de alternativa asocierii sale cu alte acțiuni perturbatoare (termice, hidraulice, datorite relaxării sau fluajului etc.) și de stadiul comportării (elastice, elastoplastice sau plastice a) materialelor tehnice puse în operă, stabilitatea mecanică poate fi statică sau nestatică (dinamică, ondulantă etc.), termică →termomecanică sau hidraulică →hidromecanică, elastică sau plastică ș.a. [1; 3]. Deoarece legislația tehnică în vigoare (v. prescripțiile tehnice ISCIR, ASME Code ș.a.) nu admite, într-un context normal, solicitări în afara domeniului așa-zis elastic, impunîndu-se restricția $\sigma_{max,ech} < \sigma^t_{0,2}$ (aici $\sigma_{max,ech}$ fiind tensiunile normale maxime sau echivalente, în N/mm² și $\sigma^t_{0,2}$ —limita tehnică de curgere a materialului pus în operă, la temperatura sa de calcul $t$, în N/mm²), evident, în lucrarea prezentă se vor sintetiza numai preceptele stabilității elastomecanostatice a aparatelor termomecanice.

Antonim al stabilității poate fi — de la caz la caz— labilitatea, instabilitatea sau pierderea de stabilitate, care, în limbajul ingineresc autohton, se poate denumi flambaj→flambare — la componentele și sistemele de tip bară sau grindă, voalaj→voalare — la componentele, sistemele și structurile de speța plăcii plane, respectiv colaps→colapsare — la componentele, structurile și sistemele de tip înveliș, deci și la structurile/sistemele de tip recipient, rezervor, aparat tehnologic sau termomecanic, tubulatură, conductă, coloană tubulară și similare. În circumstanțe nominalizate, de la o stare (poziție, configurație, formă constructiv-geometrică etc.) anumită, definită ca fiind determinat stabilă, la o altă stare (poziție, configurație, formă constructiv-geometrică etc.) anumită, de asemenea definită ca fiind determinat stabilă, se poate trece numai printr-o stare (poziție, configurație, formă constructiv-geometrică etc.) intermediară de instabilitate, din punct de vedere energetic executîndu-se un așa-numit SALT, respectiv saltul calitativ (în accepțiunea filozofică).

Pentru cazul general, se acceptă ca $P_i$ să reprezinte intensitatea factorului perturbator mecanic de ordinul $i$ ($i = 1,2, \ldots, k$), de natura unei forțe exterioare (concentrate→$P_i = F_i$, în N; distribuite→presiune→$P_i = p_i$, în N/m², respectiv Pa etc.) sau interioare (denumite efort→$P_i = N_i$, în N), unui moment al cuplului de forțe exterioare sau interioare (moment încovoietor→$P_i = M_i$, în N·m), unei tensiuni mecanice (efort unitar→$P_i = \sigma_i$, în N/mm², respectiv MPa), unei diferențe de temperatură (denumite, practic, gradient termic→$P_i = t_i$, în °C) etc. Desigur, contextul tematic al elastostabilității sistemelor și structurilor tehnice de speța învelișurilor de revoluție (aparate tehnologice și termomecanice, recipiente, rezervoare, tubulaturi, conducte etc.) implică primordial numai factorii perturbatori $P_i$ — compresiune longitudinală, compresiune din încovoiere, compresiune radială din presiune exterioară, compresiune sau constrîngere de natură termică etc. — care dau efecte de compresiune [4].

Valoarea $P_{cr}$ (pentru $i = 1$), respectiv $P_{i\,cr}$ (pentru $i > 1$), corespunzătoare intensității factorului perturbator $P_i$, pentru care sistemul (structura) tehnic(ă) devine instabil(ă), se numește critică, intensitatea maximă a unui anumit factor perturbator ($P_i$), nominalizat ca atare, fiind $P_{max}$, $\sigma_{max}$, $p_{max}$, $t_{max}$ etc. (pentru $i=1$) sau $P_{i\,max}$, $\sigma_{i\,max}$, $p_{i\,max}$, $t_{i\,max}$ etc. (pentru $i > 1$) ș.a.m.d.

Potrivit criteriului static de stabilitate, se admite că sarcina* ($P_i = P \rightarrow P_{max}$) preluată de sistem (aparat tehnologic sau termomecanic, recipient, rezervor, conductă etc.) este proporțională cu un anumit (oarecare) parametru și că micilor valori ale parametrului respectiv le corespunde — într-un interval considerat — o singură stare stabilă, caracteristică sistemului dat. Stările sistemului în preajma celei de bază se studiază variind

*) Lucrare susținută la Conferința Națională de Energetică.

* Care reprezintă o forță, un sistem de forțe sau un efect ce se poate reduce la un sistem de forțe, a căror acțiune trebuie luată în considerație la calculul de rezistență, stabilitate, durabilitate etc. al unui element, sistem etc. Sarcinile verticale se numesc încărcări [1].

(mărind) parametrul sarcinii. Acea valoare a parametrului pentru care (chiar numai) una dintre aceste stări devine, pentru prima oară, stare de echilibru, se numește valoare critică, ei corespunzîndu-i sarcina critică $P_{cr}$. Evident, pentru $P \to P_{max} > P_{cr}$, starea de bază dată încetează — de regulă* — să mai fie stabilă.

Studiind criteriul static pentru cazul general al stării tridimensionale de solicitare, Biezeno și Hencky, Novojilov, Shen, Volmir ș.a. au evidențiat concluzia principală conform căreia fiecare problemă de stabilitate este o p r o b l e m ă n e l i n i a r ă.

Criteriile de stabilitate: d i n a m i c — formulat de către Lagrange; e n e r g e t i c — fundamentat pe teorema Lagrange-Dirichlet-Liapunov și generalizat de către Koiter, Weingarten, Shield, Green, Alfutov, Arantes, Fritz etc. și al i m p e r f e c ț i u n i l o r i n i ț i a l e, elaborat de către Volmir, se expun în lucrările anterioare [1; 2; 6; 7; 16]. În problemele de stabilitate elastostatică, care privesc sistemele c o n s e r v a t i v e**, rezultatele corespunzătoare criteriilor menționate sînt concordante, verificarea corectitudinii rezolvării obținute în baza unui anumit criteriu putîndu-se, deci, efectua cu ajutorul unuia sau altuia dintre celelalte criterii. Acest avantaj prețios nu se regăsește în problemele de stabilitate specifice sistemelor n e c o n s e r v a t i v e pentru care, în general, Leipholz ș.a. recomandă utilizarea criteriilor dinamic sau energodinamic, deoarece criteriile static sau energostatic pot duce, într-o serie de cazuri, la rezultate eronate.

Determinarea sarcinii critice $P_{i\,cr}$, ca valoare $P_i$ care corespunde punctelor de bifurcare a formelor constructiv-geometrice de echilibru, se reduce la rezolvarea p r o b l e m e i l i n i a r e. De altfel, la această problemă s-au făcut referirile privind criteriile de stabilitate c l a s i c e (static, dinamic și energetic).

Studierea comportării p o s t c r i t i c e a structurilor și sistemelor de tip înveliș (aparate tehnologice și termomecanice, recipiente, rezervoare, tubulaturi, conducte etc.) impune, însă, formularea și utilizarea p r o b l e m e i n e l i n i a r e, a cărei particularitate este că unuia și aceluiași sistem de sarcini→solicitări (cu efecte de compresiune) îi pot corespunde mai multe stări distorsionate net diferite, dintre care unele sînt stabile, iar altele instabile. În general, stările care sînt stabile în condițiile m i c i l o r perturbații nu mai sînt stabile în condițiile cînd perturbațiile respective devin s u f i c i e n t d e p u t e r n i c e și depășesc limita lor corespunzătoare barierei energetice. Ca urmare, stările în discuție se numesc s t a b i l e î n m i c, în prima alternativă, și i n s t a b i l e î n m a r e, în cea de-a doua alternativă. Dimpotrivă, stările care rămîn stabile chiar atunci cînd perturbațiile sînt puternice, depășind limita datorită barierei energetice, se denumesc s t a b i l e î n m a r e.

Așadar, o anumită stare a unui sistem tehnic nominalizat (aparat tehnologic sau termomecanic, recipient, rezervor, tubulatură, conductă etc.), care este stabilă în mic, poate să nu fie stabilă în mare pentru anumite circumstanțe. În schimb, acea stare a sistemului tehnic dat, care este stabilă în mare, este, de asemenea, stabilă în mic pentru oricare condiții și, deci, se poate spune că este c u a d e v ă r a t s t a b i l ă, singura stabilă, absolut stabilă, total stabilă, complet stabilă, general stabilă etc. Stabilității sau instabilității î n m i c îi corespunde problema l i n i a r ă, iar stabilității sau instabilității î n m a r e îi corespunde problema n e l i n i a r ă. Studierea caracterului stărilor, pozițiilor, formelor constructiv-geometrice de echilibru ale sistemelor cu comportament neliniar se bizuie, și de această dată, pe criteriile de stabilitate citate anterior. Cum se va releva în continuare, conceptele de stabilitate în mic și de stabilitate în mare, ale căror modele fizice se regăsesc în lucrările fundamentale [1; 2; 6; 7], au o semnificație practică determinantă în teoria și ingineria stabilității sistemelor și structurilor de tip *recipient*, respectiv în teoria și ingineria *securității tehnice* privind aceleași sisteme și structuri.

Se reiau conceptele Karman-Tsien [8] de sarcină critică s u p e r i o a r ă și de sarcină critică i n f e r i o a r ă, avînd următoarele semnificații (fig. 1):

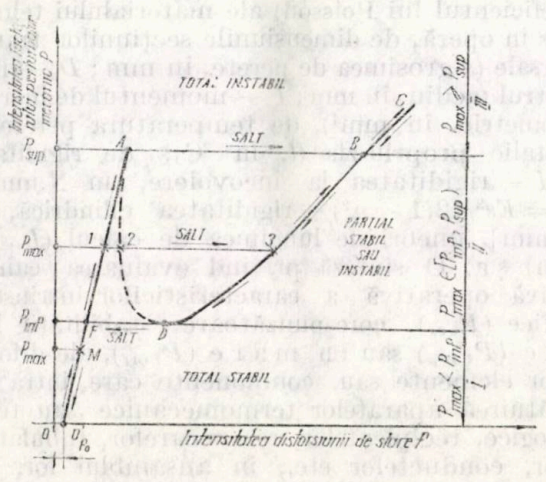



Fig. 1. Exemplificarea unei diagrame caracteristice de stabilitate elastomecanostatice, reprezentativă pentru structurile de tip recipient.

● s a r c i n a c r i t i c ă s u p e r i o a r ă ($P_{sup}$, $P_{i\,sup}$)→reprezintă sarcina maximă ($P \to P_{max}$, $P_i \to P_{i\,max}$) pînă la care starea, poziția,

* Pentru unele sisteme mecanice sînt posibile și excepții, cum rezultă din lucrarea [5].

** La care suma energiilor cinetică și potențială este constantă [15, p. 315].

configurația, forma constructiv-geometrică etc. de echilibru este stabilă în mic, adică este stabilă numai în raport cu stările, pozițiile, configurațiile, formele constructiv-geometrice etc. de echilibru învecinate; în diagrama de stare (fig. 1), sarcina critică superioară se identifică prin ordonata punctului de bifurcare A;

• sarcina critică inferioară ($P_{inf}$, $P_{i\,inf}$) → reprezintă sarcina maximă ($P \to P_{max}$, $P_i \to P_{i\,max}$) pînă la care starea, poziția, configurația, forma constructiv-geometrică etc. de echilibru este stabilă în mare, adică este singura stare, poziție, configurație, formă constructiv-geometrică etc. de echilibru cu adevărat stabilă; în diagrama de stare (fig. 1), sarcina critică inferioară se identifică prin ordonata punctului de minimum $D \to F$.

Așadar, în alternativa instabilității în mic, $P_{i\,cr} = P_{i\,sup}$ (respectiv, cînd $i = 1$: $P_{1\,cr} = P_{1\,sup} \to P_{cr} = P_{sup}$), iar în alternativa instabilității în mare, $P_{i\,cr} = P_{i\,inf}$ (respectiv, cînd $i = 1 : P_{1\,cr} = P_{1\,inf} \to P_{cr} = P_{inf}$), pentru cazul general practic de instabilitate rezultînd $P_{i\,cr} = min\,(P_{i\,inf}, P_{i\,sup})$ [respectiv, cînd $i = 1 : P_{1\,cr} = min\,(P_{1\,inf}, P_{1\,sup}) \to P_{cr} = min\,(P_{inf}, P_{sup})$] ș.a.m.d. Mărimile $P_{i\,cr} \to (P_{i\,sup}, P_{i\,inf})$ sînt caracteristici intrinseci ale elementului, componentei, structurii sau sistemului tehnic în discuție (aparat termomecanic sau tehnologic, recipient, rezervor, tubulatură, conductă etc.), în stadiul elastic valoarea lor depinzînd determinant de caracteristicile elastice ($E$-modulul de elasticitate longitudinal/modulul lui Young, în N/mm²; $\mu$ — coeficientul de contracție transversală/coeficientul lui Poisson) ale materialului tehnic pus în operă, de dimensiunile secțiunilor transversale ($s$-grosimea de perete, în mm; $D_m$ — diametrul mediu, în mm; $I$ — momentul de inerție geometric, în mm⁴), de temperatura peretelui metalic propriu-zis ($t$, în °C), de rigiditate [$EI$ — rigiditatea la încovoiere, în N·mm²; $D = Es^3/12(1 - \mu^2)$ — rigiditatea cilindrică, în N·mm], uneori de lungimea de calcul ($L_c$, în mm) ș.a. O sinteză privind evaluarea cantitativă operativă a caracteristicilor intrinseci critice ($P_{i\,cr}$), corespunzătoare stabilității în mic ($P_{i\,sup}$) sau în mare ($P_{i\,inf}$), ale diferitelor elemente sau componente care intră în alcătuirea aparatelor termomecanice sau tehnologice, recipientelor, rezervoarelor, tubulaturilor, conductelor etc., în ansamblul lor, se reușește în tabelul 2 din [16], în care se indică — informativ și/sau orientativ — și valorile factorilor de securitate tehnică $c_{i\,cr} \to (c_{i\,sup}, c_{i\,inf})$. Interpretările fenomenologice, adaptările și particularitățile specifice, analiza influenței imperfecțiunilor de stare și de formă constructiv-geometrică, o seamă de detalii vizînd direct activitatea inginerească practică de proiectare-montare-testare-exploatare industrială-mentenanță ș.a. se regăsesc ca atare în lucrările monografice [2;3;9] și în vasta bibliografie a acestor lucrări recente.

Prin urmare, pentru sistemele și structurile de tip aparat termomecanic sau tehnologic, recipient, rezervor, tubulatură, conductă și similare, care sînt solicitate — în stadiul tehnic elastic ($\sigma_{i\,max} < \sigma^t_{0,2}$) — prin $k \neq 0$ acțiuni mecanice concomitente și distincte ($P_1 \neq P_2 \neq \ldots \neq P_i \neq \ldots \neq P_k$) de intensitate $P_{1,2,\ldots,i,\ldots,kmax}$, care dau efecte de compresiune, condiția generală corespunzătoare de stabilitate elastomecanică, în forma sa practică, este următoarea [4]:

$$\sum_{i=1}^{k} \frac{P_{i\,max}}{P_{is}} = c_s^g \leqslant 1, \qquad (1)$$

în care: $P_{is} = P_{i\,cr}/c_{i\,cr} = min\,(P_{i\,sup}/c_{i\,sxp}, P_{i\,inf}/c_{i\,inf})$ reprezintă valoarea admisibilă, concordantă cu intensitatea factorului perturbator $P_i$, pentru care sistemul tehnic în discuție este în mod cert stabil (atît în mic, cît și în mare); $c_{i\,cr} > 1{,}00$ — factorul singular de securitate (coeficientul singular de siguranță) privind asigurarea îndeplinirii certe, în circumstanțe practice date, a condiției de stabilitate (1) $\to c_{i\,cr} = c_{i\,sup} \geqslant 4{,}00$ — pentru condiția de stabilitate în mic și $c_{i\,cr} = c_{i\,inf} \geqslant 1{,}50$ — pentru condiția de stabilitate în mare; $c_s^g \leqslant 1{,}00$ — factorul global de securitate (coeficientul global de siguranță) privind, de asemenea, asigurarea îndeplinirii certe, în circumstanțe practice date, a condiției de stabilitate (1).

Cîteva particularități reprezentative — pentru $i = 1, 2, 3$ — ale condiției de stabilitate (1) se ilustrează sugestiv și grafic prin imaginile și interpretările care se redau în figura 2. Se evidențiază, astfel, rezerva certă și rezerva suplimentară de securitate tehnică din punctul de vedere al stabilității.

**B.** Potrivit terminologiei consacrate prin tradiție [1], rezistența se definește ca fiind proprietatea materialelor solide etalon, deci și proprietatea elementelor, sistemelor tehnice, structurilor omonime etc. etalon (adică tehnic perfecte), de a se opune la acțiuni (mecanice, termice, chimice, termomecanice) mecanochimice, termochimice, electrochimice ș.a.) care tind să le distrugă, respectiv — într-un fel sau altul — tind să le rupă.

Într-o formă generală, dar convențională și îndelung tradițională, condiția de rezistență, adeseori identificată ca o singulară condiție de securitate tehnică, se formulează astfel:

$$TM_{\substack{ef,max \\ ech,red}} \leqslant TM_a = \frac{TM^t_{ref}}{c}, \qquad (2)$$

în cazul particular al elementelor, componentelor, sistemelor și structurilor tehnice, tubulaturilor etc. în construcție sudată, solicitate static prin presurizare, metamorfozîndu-se în forma:

$$\sigma_{ef,\,max,\,ech,\,red} \leqslant \sigma_{as} = \varphi \sigma_{an} = \varphi \frac{\sigma^t_{ref}}{c}, \qquad (3)$$

în care: $TM_{ef,\,max,\,ech,\,red} \rightarrow \sigma_{ef,\,max,\,ech,\,red}$ este tensiunea mecanică efectivă, maximă, echivalentă sau redusă, în secțiunea de calcul dată, în N/m² (MPa); $TM_a$ — tensiunea mecanică admisibilă $\rightarrow \sigma_a$ — rezistența admisibilă, respectiv rezistența admisibilă în sudură ($\sigma_{as}$) sau rezistența admisibilă normată (de calcul $\rightarrow \sigma_{an}$) pentru materialul de bază pus în operă, în N/mm²; $TM^t_{ref} \rightarrow \sigma^t_{ref}$ — mărimea de referință, întotdeauna o caracteristică mecanică de tip standard [convențională → rezistența de rupere $R_r = \sigma_r$, limita tehnică de curgere $R_c = R_{0,2} = \sigma_c = \sigma_{0,2}$, rezistența de fluaj (de durată) $R_\tau = \sigma_d$, limita tehnică de fluaj $R_{s/\tau} = \sigma_f$, rezistența la oboseală $R_R = \sigma_R$ etc.] a materialului de bază pus în operă, la temperatura corespunzătoare de calcul ($t$, în °C), în N/mm² (MPa); $c$ — coeficientul global (și unic) așa-zis de siguranță, cu valori uneori normate, alteori la latitudinea proiectantului (care nu poate fi lipsit de subiectivitate); $\varphi \leqslant 1{,}00$ — coeficientul de rezistență al sudurilor.

Or, un element, o componentă, o structură și, deci, un sistem tehnic de tipul aparatelor termomecanice sau tehnologice iese din serviciu, adică cedează, atunci cînt încetează să mai corespundă scopului pentru care s-a realizat, ceea ce — minimal — se poate datori [9—11]:

a) modificării considerabile a configurației (formei constructive) inițiale, provocate bunăoară prin importante deformări ireversibile plastice sau de fluaj, prin semnificative distorsionări geometrice generate

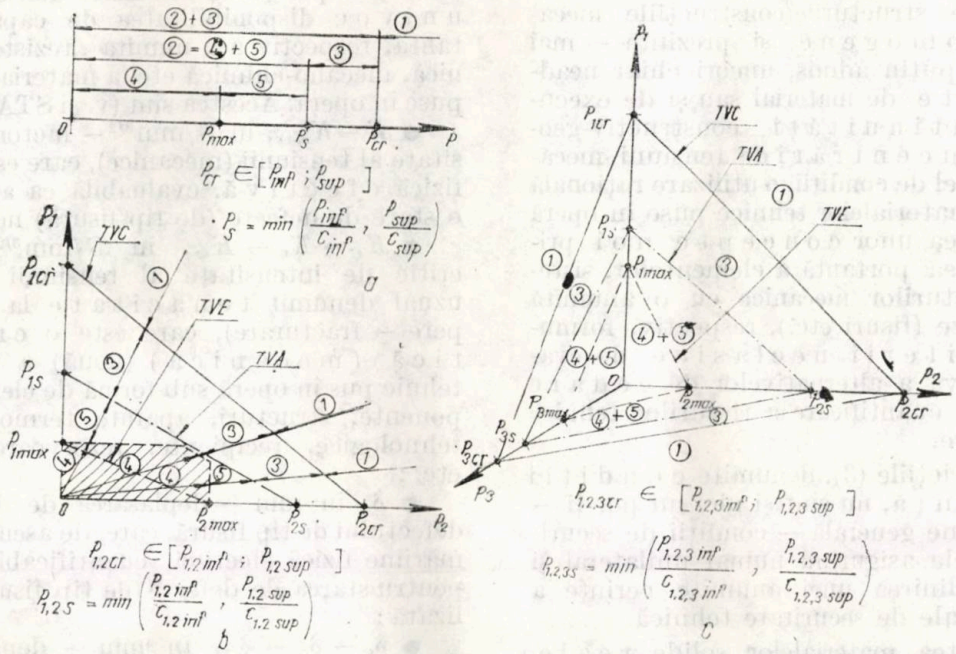



Fig. 2. Imaginea grafică a condiției de stabilitate elastomecanică (*1*), particularizată pentru următoarele alternative: *a* — solicitarea cu efecte de compresiune printr-o acțiune mecanică singulară ($k = 1$) de intensitate cunoscută $P_{max}$; *b* — solicitarea cu efecte de compresiune prin două ($k = 2$) acțiuni mecanice concomitente și distincte de intensități cunoscute $P_{1,2\,max}$; *c* — idem pentru $k = 3$; *1* — domeniul de instabilitate; *2*=4+5 — domeniul valorilor admisibile din punctul de vedere al stabilității; *3* — domeniul rezervei certe de securitate tehnică din punctul de vedere al stabilității elastomecanostatice; *2*+3 — domeniul de stabilitate; *4* — domeniul valorilor efective ale intensității de solicitare cu efecte de compresiune; *5* — domeniul rezervei suplimentare de securitate tehnică din punctul de vedere al stabilității ($\Delta P_{is} = P_{is} - P_{i\,max} > 0$); *TVC*, *TVA*, *TVE* — tetraedrele sau triunghiurile valorilor critice, admisibile și, respectiv, efective.

în procesele pierderii de stabilitate (ca efect al flambajului, voalării sau colapsului), prin distorsionări structurale implicate de evoluțiile termice mai mult sau mai puțin rebele etc.;

b) desetanșării corespunzătoare fisurilor străpunse în materialele de bază puse în operă și în cele de adaos (suduri etc.), întotdeauna însoțite de scăpări mai mult sau mai puțin notabile, în mediul înconjurător, de substanțe periculoase nocive, inflamabile, explozive, fierbinți arzînde, letale ș.a.;

c) avarierii, autoavarierii sau distrugerii intempestive, mai mult sau mai puțin brutale, a sistemului însuși, generate de către o anumită

stare de defecte evolutivă în timp.

În calculele inginerești clasice, tradiționale și, deci, obișnuite, fundamentate pe restricțiile (3), atenția cea mai mare și, prin urmare, prioritatea se acordă primei părți a primei alternative (a), adică modificării considerabile a formei constructive inițiale prin materializarea unor semnificative deformații ireversibile, în baza căreia s-ar putea formula cerințe și limitări pe deplin satisfăcătoare dacă elementele, componentele, structurile, aparatele termomecanice și tehnologice, recipientele, rezervoarele, conductele etc. reale ar fi omogene și perfecte din punctul de vedere al execuției curente (uzinale, de șantier etc.). Cum se știe, însă, din practică, toate structurile/construcțiile mecanice sînt neomogene și prezintă — mai mult sau mai puțin admis, uneori chiar neadmis — defecte de material sau/și de execuție, discontinuități constructiv-geometrice și concentrări de tensiuni mecanice ș.a. În astfel de condiții, o utilizare rațională și eficientă a materialelor tehnice puse în operă impune însușirea unor concepte noi privind capacitatea portantă a elementelor, sistemelor și structurilor mecanice cu o anumită stare de defecte (fisuri etc.), respectiv, formularea unor criterii neclasice de evaluare cantitativă a alternativelor de cedare și, implicit, de cuantificare a riscurilor tehnice corespunzătoare.

Așadar, restricțiile (3), denumite condiții de rezistență, nu sînt și nici nu pot fi — într-o accepțiune generală — condiții de securitate tehnică, ele asigurînd numai unilateral și singular îndeplinirea unei anumite cerințe a condiției generale de securitate tehnică.

C. Proprietatea materialelor solide reale, tehnice, puse în operă, deci și proprietatea elementelor, sistemelor și structurilor tehnice, aparatelor termomecanice și tehnologice etc. reale (adică tehnic imperfecte), de a ceda — într-un fel sau altul — la acțiuni perene (mecanice, termice, chimice etc., simple sau asociate) care tind să le accentueze starea dată de imperfecțiune structurală (de tip fisură) se numește fracturare. Evident, fracturarea (concept modern) nu este sinonimă cu ruperea (concept clasic). Știința interdisciplinară care studiază procesele de fracturare în elementele și structurile reale, tehnic imperfecte (cu discontinuități fizice), se numește Mecanica fracturării * (Fracture mechanics).

Așadar, Mecanica fracturării urmărește să fundamenteze teoretic și să confirme experimental metodele de evaluare cantitativă a disponibilității de capacitate portantă mecanică și, deci, a intensității nivelului de solicitare, aceasta în condițiile considerării atît a discontinuităților, ca atare, cît și a modului specific de comportare sub sarcină a materialelor tehnice puse în operă, în dependență de caracteristicile dimensionale proprii și de cele ale regimurilor de exploatare. Formulîndu-și obiectivul principal în stabilirea unor corelații între eforturile unitare (sinonim : tensiunile mecanice), pe de o parte și factorii constructiv-geometrici definitorii, pe de altă parte, Mecanica facturării înlocuiește caracteristicile mecanice ale proiectării tradiționale (rezistența de rupere, reziliența, duritatea etc.) prin concepte și mărimi fizice noi, care definesc univoc disponibilitatea de capacitate portantă, respectiv așa-numita „rezistență" mecanică, mecano-chimică etc. a materialelor tehnice puse în operă. Acestea sînt (v. și STAS 9760-84) :

- $K \rightarrow K_{max}$, în $N/mm^{3/2}$ — factorul de intensitate al tensiunii (mecanice), care este o mărime fizică efectivă, evaluabilă ca atare, pentru o stare de defecte (de tip fisură) nominalizată ;
- $K_C \rightarrow K_c \rightarrow K_{cr}$, în $N/mm^{3/2}$ — factorul critic de intensitate al tensiunii (mecanice), uzual denumit tenacitate la cedare (rupere → fracturare), care este o caracteristică (mecanică) (nouă) a materialului tehnic pus în operă sub formă de elemente, componente, structuri, aparate termomecanice și tehnologice, recipiente, rezervoare, conducte etc. ;
- $\delta$, în mm — deplasarea de deschidere a defectului de tip fisură, care, de asemenea, este o mărime fizică efectivă, cuantificabilă ca atare, pentru starea de defecte (de tip fisură) nominalizată ;
- $\delta_C \rightarrow \delta_c \rightarrow \delta_{cr}$, în mm — deplasarea critică de deschidere a defectului de tip fisură, care iarăși este o caracteristică (fizică) a materialului tehnic pus în operă sub formă de elemente, componente, structuri, aparate termomecanice și tehnologice, recipiente, rezervoare, conducte etc.

Mărimii critice $K_C$ îi corespunde o anumită dimensiune (lungime, deschidere, deplasare) critică $l_C$ ($\leftarrow \delta_C$) a defectelor de tip fisură, respectiv a defectelor din element, structură sistem etc. În consecință, condiția de fiabilitate, enunțată astfel din punctul de vedere mecanic :

$$K_{max} \leqslant K_a = \frac{K_C}{c_{fis}} < K_C, \qquad (4)$$

se poate reformula în modul următor :

$$\delta_{max} < \delta_C \rightarrow l_{max} < l_C, \qquad (5)$$

rezultînd :

$$c_{fis} = \frac{K_C}{K_{max}} > 1{,}00, \text{ respectiv } c_{fis} = \frac{l_C}{l_{max}} > 1{,}00, \qquad (6,7)$$

* Din motive regretabile, în limbajul tehnic românesc, încă neconsacrat, s-a intrus denumirea de Mecanica ruperii [12—14]. Or, în maniera clasică, ruperea (plastică sau fragilă) se definește ca fiind distrugerea unui material solid etalon sub acțiunea unor solicitări mecanice (statice, dinamice sau variabile, respectiv prin oboseală) [1 ;16].

$K_a$ fiind valoarea admisibilă a tenacității (la cedare), în N/mm$^{3/2}$, iar $c_{fis} \geqslant 1{,}20$ [1; 10; 11; 16] numindu-se coeficient de siguranță la fisurare, respectiv la extinderea (propagarea) unor fisuri sau defecte similare primare.

Evident, restricțiile (5) și (7) pot fi valorificate pentru impunerea dimensiunii admisibile $\delta_a \rightarrow l_a$ a defectelor (de tipul fisurilor) inițiale depistabile și, deci, a condiției de nerebutare, respectiv a condiției de admisibilitate, rezultînd:

$$l_{max} \leqslant l_a = \frac{l_C}{c_{fis}}. \qquad (8)$$

Așadar, factorul critic de intensitate al tensiunii mecanice $K_C$ este o caracteristică fizico-mecanică a materialului tehnic, pus în operă, care evidențiază susceptibilitatea acestuia la propagarea (extinderea) instabilă a defectelor de tip fisură și ea individualizează, pe deplin, materialul în discuție din punctul de vedere al caracterului și alternativei fracturărilor (tenace sau brutale, casante/fragile). Valorile factorului $K_C \rightarrow (K_{IC}, K_{IIC}, K_{IIIC})$* depind de natura materialului, de temperatura acestuia, de acțiunea mediilor ambiante și de lucru, de intensitatea radiațiilor penetrante etc. În circumstanțele deformării elastoplastice a elementelor, structurilor și sistemelor tehnice cu defecte de tip fisură, solicitate mecanic, drept criteriu de fracturare se utilizează așa-numita integrală $J \rightarrow J_C \rightarrow (J_{IC}, J_{IIC}, J_{IIIC})$.

Iată, prin urmare, că nici restricțiile (4, 6), denumite condiții de fiabilitate, nu sînt și nici nu pot fi — de asemenea într-o accepțiune generală — condiții de securitate tehnică, ele asigurînd doar unilateral și singular îndeplinirea unor anumite cerințe ale condiției generale de securitate tehnică (vezi alternativele **b** și **c**).

**D.** Conform cu [1; 9], securitatea tehnică $S$ se definește ca fiind starea raporturilor relative dintre diferite elemente sau sisteme tehnice, în general, respectiv dintre un anumit element sau sistem tehnic și mediul înconjurător ori factorul uman, în particular, starea respectivă fiind creată ca urmare a impunerii aplicării și respectării anumitor măsuri tehnice, în scopul prevenirii și combaterii avariilor și/sau accidentelor. Prin urmare, cantitativ, securitatea tehnică $S$ reprezintă probabilitatea ca o avarie, de o anumită speță (minoră, majoră, catastrofală), să nu survină. Dimpotrivă, probabilitatea ca un eveniment generator de avarie sau o avarie, de o anumită speță (minoră, majoră, catastrofală), să se producă reprezintă riscul tehnic $\rho$. Mărimile probabilistice $S$ și $\rho$, variabile în timp ($S$ scade, $\rho$ crește), sînt complementare, deci mereu:

$$S + \rho = 1. \qquad (9)$$

* Indicii *I*, *II* și *III* semnifică — potrivit modelului lui Irwin [17] — cele trei moduri fundamentale de cedare prin fracturare (a se vedea și [11]).

Așadar, într-o formă generală, condiția de securitate tehnică s-ar putea explicita cantitativ astfel:

$$S_{min} = 1 - \rho_{max} \geqslant S_a, \quad [\%] \qquad (10)$$

respectiv:

$$\rho_{max} = 1 - S_{min} \leqslant \rho_a, \quad [\%] \qquad (11)$$

unde: $S_{min}$ este nivelul minim, la un moment dat, al securității tehnice, în %; $\rho_{max}$ — nivelul maxim, tot la un moment dat, al riscului tehnic, în %; $S_a$, $\rho_a$ — nivelurile admisibile (acceptabile) ale securității tehnice și, respectiv, riscului tehnic, în %.

Atunci cînd, concomitent, sînt îndeplinite condițiile de rezistență (3), de stabilitate elastomecanică (1) și de fiabilitate (4; 5), respectiv de nerebutare/admisibilitate (8), evident, starea de securitate tehnică a aparatelor termomecanice, tehnologice și similare este așa-zisă perfectă, rezultînd:

$$S_{min} \rightarrow S_{max} \rightarrow 1{,}00 \rightarrow 100\%, \qquad (12)$$

respectiv:

$$\rho_{max} \rightarrow \rho_{min} \rightarrow 0{,}00 \rightarrow 0\%. \qquad (13)$$

În alternativa neîndeplinirii simultane a uneia sau unora dintre condițiile enumerate, se înțelege că tendințele (12; 13) sînt obstrucționate, de la caz la caz obținîndu-se $S_{min} < 100\%$ sau $S_{min} \leqslant 100\%$, respectiv $\rho_{max} > 0\%$ sau $\rho_{max} \geqslant 0\%$. Drept consecință, la un moment dat, anumit, potrivit axiomei probabilităților compuse, securitatea tehnică de ansamblu a unui element sau sistem ori a unei componente sau structuri de tip aparat termomecanic sau tehnologic, recipient, rezervor, conductă etc., va avea expresia:

$$S_{min} = S_S S_R S_F = \prod_{k=1}^{3} S_k \geqslant S_a, \qquad (14)$$

în care *: $S_1 = S_S \leqslant 1 \rightarrow 100\%$ este securitatea tehnică corespunzătoare condițiilor de stabilitate elastomecanostatică (1); $S_2 = S_R \leqslant 1 \rightarrow 100\%$ securitatea tehnică corespunzătoare condițiilor de rezistență (3); $S_3 = S_F \leqslant 1 \rightarrow 100\%$ — securitatea tehnică corespunzătoare condițiilor de fiabilitate (4; 8).

Pentru cazul general ($k = 1, 2, \ldots, n$) rezultă:

$$S_{min} = \prod_{k=1}^{n} S_k \geqslant S_a. \qquad (15)$$

Cuantificarea nivelurilor acceptabile $S_a$ și $\rho_a$ se face numai de la caz la caz, pe considerente tehnico-economice și conjunctural sociale [9], de fiecare dată reținîndu-se disponibilitățile așa-numitului domeniu de alertă specific (vezi, de exemplu, fig. 2).

Așadar, fenomenologic, între condițiile de rezistență (3), de stabilitate elastomecanică (1) și de fiabilitate (4; 8) nu există conexiuni, asigurarea îndeplinirii fiecăreia în parte fiind independent obligatorie. Transcrierea securității

* Cu semnificație valorificabilă numai în domeniul specific așa-zis de alertă (fig. 2).

tehnice de ansamblu a aparatelor termomecanice, tehnologice și similare, însă, implică conexiunea probabilistică și, deci, formală, a condițiilor enumerate, fiecare dintre acestea neputîndu-se constitui într-o singulară condiție de securitate tehnică.

**Bibliografie**


[1] Pavel, A. *Elemente de inginerie mecanică (pentru petrochimie)*. București, Ed. didactică și pedagogică, 1981.

[2] Pavel, A. *Elastostabilitatea recipientelor cilindrice*. București, Ed. Academiei R. S. România (premiul „Traian Vuia"), 1983.

[3] Pavel, A. *Stabilitatea recipientelor*. București, Ed. Academiei R. S. România, 1985.

[4] Pavel, A. În: St. Cerc. Mec. Apl., 1987, **46**, 4, 394—399.

[5] Işlinski, A. I. ș.a. În: Izv. AN SSSR, OTN, 1958, 8, 53—61.

[6] Volmir, A. S. *Ustoicivost deformiruemih sistem*. Moskva, Nauka, 1967.

[7] Pflüger, A. *Stabilitätsprobleme der Elastostatik*. Berlin, Springer-Verlag, 1964.

[8] Karman T., Tsien H. S. În: J. Aeronaut. Sci., 1939, **7**, 2, 43—50.

[9] Pavel, A. ș.a. *Siguranța în funcționare a utilajelor petrochimice*. Vol. 1, 2 și 3. București, Ed. tehnică, 1987 (1,2) și 1988 (3).

[10] Pavel, A. În: Rev. de Chimie, 1987, **38**, 11, 1021—2029.

[11] Pavel, A. În: Mine, Petrol și Gaze, 1988, **39**, 6, 303—310.

[12] Pană, T. *Aplicații inginerești ale mecanicii ruperilor*. București, Ed. tehnică, 1974.

[13] Cioclov, D. *Mecanica ruperii materialelor*. București, Ed. Academiei R. S. România, 1977.

[14] Pană, T. ș.a. *Rezistența materialelor*. Vol. II. București, Institutul Politehnic, 1985, p. 606—636.

[15] Stoenescu, Al., Silaș, Gh. *Curs de mecanică teoretică*. București, Ed. tehnică, 1957.

[16] Pavel, A. *Avarierea prin colaps a aparatelor tehnologice chimice și petrochimice* (I). Ploiești, Institutul de Petrol și Gaze, 1988 (lucrare nepublicată).

[17] Irwin, G. R., Wells, A. A. În: J. Appl. Mech., 1957, **24**, Sept., 361—364 și Met. Rev., 1965, 10, 233.


# Optimizarea unui sistem de schimb de căldură multiflux


Conf. dr. ing. **D. Dobrinescu**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


## I. Datele inițiale ale sistemului de schimb de căldură

În instalațiile tehnologice din domeniile petrolului, chimiei și termoenergeticii se întîlnesc frecvent grupuri (trenuri, linii, baterii) de schimbătoare de căldură care realizează, în scop util, transferuri de căldură între mai multe fluxuri de fluide [4; 7; 11; 16]. În proiectarea unor astfel de sisteme de schimb de căldură multiflux, existînd diverse posibilități de realizare a unui sistem, din punctul de vedere constructiv-funcțional, este bine să se caute și să se găsească soluția tehnico-economică optimă.

În literatură se întîlnesc unele studii referitoare la astfel de probleme, care emit și principii generale și care rezolvă și probleme practice date [9; 12; 13; 17]. Cunoașterea unor principii generale nu este suficientă, fără exemplificarea utilizării acestora în rezolvarea unor probleme concrete. În general, în articolele publicate, pentru sisteme reale date, se stabilesc două-trei scheme posibile de aranjare a schimbătoarelor de căldură necesare și se alege dintre ele schema pentru care aria globală de transfer de căldură a schimbătoarelor este minimă, fără a se realiza însă o optimizare propriu-zisă din punct de vedere tehnico-economic [1; 2; 8; 10].

În cadrul acestui articol, pe baza unui exemplu concret, simplu, de sistem de schimb de căldură multiflux, se emit principii generale și se exemplifică utilizarea acestora, efectuîndu-se și optimizări propriu-zise, care urmăresc minimizarea costului global al schimbătoarelor de căldură necesare.

După cum se știe, costul unui schimbător de căldură nu crește direct proporțional cu creșterea ariei de transfer, costul specific (lei/$m^2$) scăzînd o dată cu creșterea ariei de transfer a aparatului [3; 15]. Pe baza unor date reale, s-a stabilit următoarea relație a costului relativ al schimbătoarelor de căldură cu fascicul tubular în manta, în raport cu costul unui schimbător cu aria de transfer 50 $m^2$ [5]:

$$\frac{C_A}{C_{50}} = 0{,}46625 \cdot \frac{A}{50} + 0{,}53375. \qquad (1)$$

În tabelul 1 se prezintă cîteva date numerice corespunzătoare acestei relații, în care apare și costul specific relativ. Relația de tip Colburn întîlnită în literatură [14] pentru costuri relative este numai aproximativă.

Pentru un grup (sistem) de schimbătoare de căldură, costul relativ global se poate exprima prin relația:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{C_{Ai}}{C_{50}} = \frac{0{,}46625}{50} \cdot \sum_{i=1}^{n} A_i + 0{,}53375 \cdot n, \qquad (2)$$

în care:

$n$ este numărul de schimbătoare de căldură.

Se constată că acest cost global depinde nu numai de aria globală de transfer, ci și de numărul de schimbătoare de căldură. La o arie globală dată, costul global crește o dată cu creșterea lui $n$. În cazul schemelor posibile pentru un caz concret, la un număr egal de schimbătoare de căldură, situația optimă economic corespunde atît ariei globale minime, cît și costului global minim. La un număr diferit de schimbătoare de căldură, însă, situația optimă economic corespunde costului global minim, independent de valorile ariei globale de transfer.

Din cele anterioare, rezultă că în optimizarea sistemelor de schimbătoare de căldură, din

Costuri relative pentru schimbătoarele de căldură cu fascicul tubular în manta — *Tabelul 1*

| $A$, m² | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arie relativă | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Cost relativ | 1 | 1,23 | 1,47 | 1,70 | 1,93 | 2,40 | 2,87 | 3,33 | 3,80 | 4,26 | 4,73 |
| Cost specific relativ | 1 | 0,82 | 0,73 | 0,68 | 0,64 | 0,60 | 0,57 | 0,555 | 0,54 | 0,53 | 0,525 |

punct de vedere tehnico-economic, criteriul de optimizare, a cărui minimizare se urmărește, trebuie să fie costul global al schimbătoarelor de căldură și nu aria globală de transfer al acestora.

Sistemul de schimb de căldură multiflux, care se analizează în continuare, se referă la încălzirea a două fluxuri de fluide reci, cu un flux unic de fluid cald. Se cunosc următoarele date inițiale ale sistemului :

— pentru fluidul rece *1* :
  capacitatea calorică, $R_1 = 12\,000$ W/°C ;
  temperatura inițială, $t_1 = 150$°C ;
  temperatura finală, $t_2 = 250$°C ;
— pentru fluidul rece *2* :
  capacitatea calorică, $R_2 = 11\,430$ W/°C ;
  temperatura inițială, $t_3 = 170$°C ;
  temperatura finală, $t_4 = 240$°C ;
— pentru fluidul cald :
  capacitatea calorică, $C = 22\,220$ W/°C ;
  temperatura inițială, $t_5 = 290$°C

(se constată că $t_5 > t_2$ și $t_5 > t_4$).

Capacitatea calorică a unui flux de fluid reprezintă produsul dintre debitul masic ($m$, kg/s) și căldura specifică medie a fluidului ($c_p$, J/kg°C).

Pentru schimbul de căldură fluid cald-fluid rece *1* se admite coeficientul global de transfer $k_1 = 280$ W/m²°C, iar pentru schimbul de căldură fluid cald-fluid rece *2*, $k_2 = 250$ W/m²°C.

Se utilizează schimbătoare de căldură cu fascicul tubular în manta, în contracurent, de tip 1 — 1 (o trecere prin tuburi și o trecere prin manta) cu cap fix, sau de tip 2 — 2, cu cap fix sau cap mobil. În cazul analizat, utilizarea schimbătoarelor cu curent mixt nu este posibilă, pentru că la aceste schimbătoare este obligatoriu ca temperatura de ieșire a fluidului rece să fie mai mică decît temperatura de ieșire a fluidului cald [5].

Se urmărește stabilirea schemei de schimb de căldură, optimă din punct de vedere economic, pentru care costul global (relativ) al schimbătoarelor de căldură este minim.

## II. Plasarea în serie a două schimbătoare de căldură

În figura 1 este redată schema de schimb de căldură cea mai simplă, în care sînt prezente două schimbătoare de căldură în serie, fluidul cald schimbînd căldură inițial cu fluidul rece *2* și final cu fluidul rece *1*. Ordinea inversă a

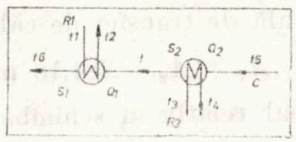



Fig. 1. Schema de schimb de căldură cu două schimbătoare în serie.

fluidelor reci nu este posibilă, pentru că temperatura intermediară a fluidului cald ar rezulta (236°C) mai mică decît temperatura necesară la ieșire pentru fluidul rece *2* (240°C).

Pe baza datelor inițiale se calculează următoarele :

— fluxul termic primit de fluidul rece *1* :

$$Q_1 = R_1(t_2 - t_1) = 12\,000 \cdot (250 - 150) = 1{,}2 \cdot 10^6 \text{ W} ;$$

— fluxul termic primit de fluidul rece *2* :

$$Q_2 = R_2(t_4 - t_3) = 11\,430 \cdot (240 - 170) = 0{,}8 \cdot 10^6 \text{ W} ;$$

— fluxul termic cedat global de fluidul cald :

$$Q = Q_1 + Q_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ W} ;$$

— temperatura finală a fluidului cald :

$$t_6 = t_5 - \frac{Q}{C} = 290 - \frac{2 \cdot 10^6}{22\,220} = 200\text{°C}$$

(se constată că $t_6 > t_1$ și $t_6 > t_3$).

Conform schemei din figura 1, temperatura intermediară a fluidului cald este :

$$t = t_5 - \frac{Q_2}{C} = 290 - \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{22\,220} = 254\text{°C}$$

(se constată că $t > t_3$ și $t > t_2$).

Pentru schimbătorul de căldură $S_1$ :

— diferența medie de temperatură :

$$\Delta t_1 = \frac{(t_6 - t_1) - (t - t_2)}{\ln \dfrac{t_6 - t_1}{t - t_2}} = \frac{50 - 4}{\ln \dfrac{50}{4}} = 18{,}21\text{°C} ;$$

— aria de transfer de căldură necesară (aria exterioară a tuburilor) :

$$A_1 = \frac{Q_1}{k_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{280 \cdot 18{,}21} = 235{,}35 \text{ m}^2.$$

Pentru schimbătorul de căldură $S_2$:

— diferența medie de temperatură:

$$\Delta t_2 = \frac{(t - t_3) - (t_5 - t_4)}{\ln \frac{t - t_3}{t_5 - t_4}} = \frac{84 - 50}{\ln \frac{84}{50}} = 65{,}54\ ^\circ\text{C};$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{k_2 \cdot \Delta t_2} = \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{250 \cdot 65{,}54} = 48{,}83\ \text{m}^2.$$

— aria totală de transfer de căldură:

$$A_t = A_1 + A_2 = 284{,}18\ \text{m}^2.$$

Costul global relativ al schimbătoarelor de căldură:

$$\sum \frac{C_{Ai}}{C_{50}} = \frac{0{,}46625}{50} \cdot A_t + 0{,}53375 \cdot n =$$

$$= \frac{0{,}46625}{50} \cdot 284{,}18 + 0{,}53375 \cdot 2 = 3{,}7175.$$

După cum se va constata ulterior, schema din figura 1 nu este economică. Acest lucru se datorează faptului că pentru schimbătorul $S_1$ aria de transfer necesară este foarte mare, din cauza diferenței de temperatură de la capătul cald al aparatului care este foarte redusă (4°C).

### III. Plasarea în serie a trei schimbătoare de căldură

În figura 2 este redată schema de schimb de căldură cu trei schimbătoare în serie, care se caracterizează prin faptul că fluidul rece trece prin două schimbătoare de căldură cu fluidul cald (global contracurent), între care este plasat schimbătorul cu fluidul rece *2*.

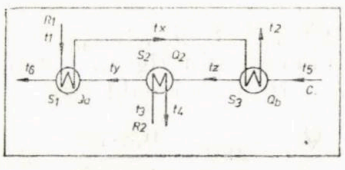


Fig. 2. Schema de schimb de căldură cu trei schimbătoare în serie.

Se urmărește, așa cum se va vedea, o creștere continuă (de la stînga spre dreapta), atît a temperaturilor de intrare, cît și a temperaturilor de ieșire ale fluidelor reci și în plus diferențe de temperatură locale (la capetele schimbătoarelor) cît mai mari.

Se admite că fluidul rece *1* primește în cele două schimbătoare fluxuri termice egale.

$$Q_a = Q_b = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{2} = 0{,}6 \cdot 10^6\ \text{W}$$

și deci temperatura intermediară a fluidului rece *1* este:

$$t_x = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{150 + 250}{2} = 200^\circ\text{C}.$$

Stabilirea temperaturilor intermediare ale fluidului cald:

$$t_z = t_5 - \frac{Q_b}{C} = 290 - \frac{0{,}6 \cdot 10^6}{22\,220} = 263^\circ\text{C};$$

$$t_y = t_6 + \frac{Q_a}{C} = 200 + \frac{0{,}6 \cdot 10^6}{22\,220} = 227^\circ\text{C}.$$

Temperaturile de intrare ale fluidelor reci sînt în ordine 150, 170 și 200°C, iar cele de ieșire 200, 240 și 250°C.

Pentru schimbătorul de căldură $S_1$:

$$\Delta t_1 = \frac{(200 - 150) - (227 - 200)}{\ln \frac{50}{27}} = 37{,}33^\circ\text{C};$$

$$A_1 = \frac{0{,}6 \cdot 10^6}{280 \cdot 37{,}33} = 57{,}40\ \text{m}^2.$$

Pentru schimbătorul de căldură $S_2$:

$$\Delta t_2 = \frac{(227 - 170) - (263 - 240)}{\ln \frac{57}{23}} = 37{,}46^\circ\text{C};$$

$$A_2 = \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{250 \cdot 37{,}46} = 85{,}42\ \text{m}^2.$$

Pentru schimbătorul de căldură $S_3$:

$$\Delta t_3 = \frac{(263 - 200) - (290 - 250)}{\ln \frac{63}{40}} = 50{,}63^\circ\text{C};$$

$$A_3 = \frac{0{,}6 \cdot 10^6}{280 \cdot 50{,}63} = 42{,}32\ \text{m}^2.$$

Se constată că diferența de temperatură locală minimă este de 23°C, față de 4°C în schema anterioară.

- Aria totală de transfer de căldură:

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 = 185{,}14\ \text{m}^2,$$

deci mult mai mică decît în schema anterioară (284,4 m²).

- Costul global relativ al schimbătoarelor de căldură:

$$\sum \frac{C_{Ai}}{C_{50}} = \frac{0{,}46625}{50} \cdot A_t + 0{,}53375 \cdot n = 3{,}3277,$$

deci mai mic decît în cazul anterior (3,7175).

Variindu-se valoarea lui $t_x$, variază $Q_a$, $Q_b$, $t_u$ și $t_z$ și deci diferențele medii de temperatură și ariile de transfer ale celor trei schimbătoare. Se poate ajunge la concluzia, pe baza unor metode numerice, că pentru $t_x = 204°C$ aria totală de transfer și costul global al schimbătoarelor de căldură sînt minime.

Stabilirea acestor valori minime :

$$Q_b = R_1(t_2 - t_x) = 0{,}552 \cdot 10^6 \text{ W};$$

$$Q_a = 1{,}2 \cdot 10^6 - 0{,}552 \cdot 10^6 = 0{,}648 \cdot 10^6 \text{ W};$$

$$t_z = 290 - \frac{0{,}552 \cdot 10^6}{22\,220} = 265{,}2°C;$$

$$t_y = 200 + \frac{0{,}648 \cdot 10^6}{22\,220} = 229{,}2°C;$$

$$\Delta t_1 = \frac{(200 - 150) - (229{,}2 - 204)}{\ln \frac{50}{25{,}2}} = 36{,}19°C;$$

$$A_1 = 63{,}95 \text{ m}^2$$

$$\Delta t_2 = \frac{(229{,}2 - 170) - (265{,}2 - 240)}{\ln \frac{59{,}2}{25{,}2}} = 39{,}81°C;$$

$$A_2 = 80{,}38 \text{ m}^2;$$

$$\Delta t_3 = \frac{(265{,}2 - 204) - (290 - 250)}{\ln \frac{61{,}2}{40}} = 49{,}85°C;$$

$$A_3 = 39{,}55 \text{ m}^2;$$

$$A_t = 183{,}88 \text{ m}^2 < 185{,}14 \text{ m}^2;$$

$$\sum \frac{C_{Ai}}{C_{50}} = 3{,}3159 < 3{,}3277.$$

Nu se insistă asupra acestei optimizări, pentru că, așa cum se va constata în continuare, există o schemă de schimb de căldură și mai economică.

## IV. Plasarea în paralel a două schimbătoare de căldură

În figura 3 este prezentată schema de schimb de căldură cu două schimbătoare în paralel, care se caracterizează prin faptul că fluxul de fluid cald se divide în două fluxuri paralele, cu capacitățile calorice $C_1$ și $C_2$, care schimbă căldură cu fluidul rece *1* și respectiv *2*.

Se admite simplu pentru raportul dintre $C_1$ și $C_2$, egal cu raportul debitelor masice corespunzătoare, o valoare egală cu raportul fluxurilor termice $Q_1$ și $Q_2$.

$$x = \frac{C_1}{C_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{0{,}8 \cdot 10^6} = 1{,}5.$$

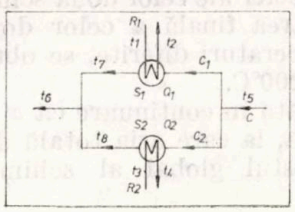


Fig. 3. Schema de schimb de căldură cu două schimbătoare în paralel.

În această situație, temperatura de ieșire a celor două fluxuri calde este aceeași :

$$t_7 = t_8 = t_6 = 200°C.$$

Valorile capacităților calorice ale fluxurilor calde :

$$C_1 + C_2 = C; \quad x \cdot C_2 + C_2 = C;$$

$$C_2 = \frac{C}{1 + x} = \frac{22\,220}{1 + 1{,}5} = 8\,888 \text{ W/°C};$$

$$C_1 = C - C_2 = 13\,332 \text{ W/°C}.$$

Pentru schimbătorul de căldură $S_1$ :

$$\Delta t_1 = \frac{(t_7 - t_1) - (t_5 - t_2)}{\ln \frac{t_7 - t_1}{t_5 - t_2}} = \frac{50 - 40}{\ln \frac{50}{40}} = 44{,}81°C;$$

$$A_1 = \frac{Q_1}{k_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{280 \cdot 44{,}81} = 95{,}64 \text{ m}^2.$$

Pentru schimbătorul de căldură $S_2$ :

$$\Delta t_2 = \frac{(t_5 - t_4) - (t_8 - t_3)}{\ln \frac{t_5 - t_4}{t_8 - t_3}} = \frac{50 - 30}{\ln \frac{50}{30}} = 39{,}15°C;$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{k_2 \cdot \Delta t_2} = \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{250 \cdot 39{,}15} = 81{,}74 \text{ m}^2.$$

- Aria totală de transfer de căldură :

$$A_t = A_1 + A_2 = 177{,}38 \text{ m}^2.$$

- Costul global relativ al schimbătoarelor de căldură :

$$\sum \frac{C_{Ai}}{C_{50}} = \frac{0{,}46625}{50} \cdot 177{,}38 + 0{,}53375 \cdot 2 =$$

$$= 2{,}7216.$$

Această valoare este sensibil mai mică decît valorile obținute anterior, pentru schimbătoarele de căldură plasate în serie.

Variindu-se valoarea lui $x$, variază $C_1$, $C_2$, $t_7$ și $t_8$ și deci diferențele medii de temperatură și ariile de transfer ale celor două schimbătoare. Prin amestecarea finală a celor două fluxuri calde, cu temperaturi diferite, se obține fluxul unic cu $t_6 = 200°C$.

Se va constata în continuare că $x$ prezintă o valoare optimă, la care aria totală de transfer și deci și costul global al schimbătoarelor sînt minime.

## V. Optimizarea sistemului prin intermediul diferențelor medii de temperatură

Stabilirea restricțiilor, deci a valorilor limită pe care le poate lua $x$ :

— pentru $t_7 = t_1 = 150°C$, corespund $A_1 = \infty$ și deci $A_t = \infty$ ;

$$C_1 = \frac{Q_1}{t_5 - t_7} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{290 - 150} = 8\,571 \text{ W/°C};$$

$$C_2 = C - C_1 = 22\,220 - 8\,571 = 13\,649 \text{ W/°C};$$

$$x = \frac{C_1}{C_2} = 0{,}628;$$

— pentru $t_8 = t_3 = 170°C$, corespund $A_2 = \infty$ și deci $A_t = \infty$.

$$C_2 = \frac{Q_2}{t_5 - t_8} = \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{290 - 170} = 6\,667 \text{ W/°C};$$

$$C_1 = C - C_2 = 15\,553 \text{ W/°C};$$

$$x = \frac{C_1}{C_2} = 2{,}333.$$

Luîndu-se pentru $x$ diverse valori cuprinse între limitele stabilite, se pot calcula și prezenta tabelar următoarele valori : $C_1$, $C_2$, $t_7$, $t_8$, $\Delta t_1$, $\Delta t_2$, $A_1$, $A_2$, $A_t$ și $\Sigma(C_{At}/C_{50})$. Din acest tabel se poate citi valoarea optimă a lui $x$, la care costul schimbătoarelor de căldură este minim (la fel și $A_t$).

Valoarea optimă a lui $x$ se poate afla și prin stabilirea funcției obiectiv $A_t = f(x)$.

$$A_t = A_1 + A_2 = \frac{Q_1}{k_1 \cdot \Delta t_1} + \frac{Q_2}{k_2 \cdot \Delta t_2}; \quad (3)$$

$$\Delta t_1 = \frac{(t_7 - t_1) - (t_5 - t_2)}{\ln \dfrac{t_7 - t_1}{t_5 - t_2}};$$

$$\Delta t_2 = \frac{(t_5 - t_4) - (t_8 - t_3)}{\ln \dfrac{t_5 - t_4}{t_8 - t_3}}; \quad (4)$$

$$t_7 = t_5 - \frac{Q_1}{C_1}; \quad t_8 = t_5 - \frac{Q_2}{C_2}; \quad (5)$$

$$C_2 = \frac{C}{1 + x}; \quad C_1 = C - C_2. \quad (6)$$

Prin înlocuirile corespunzătoare acestor relații, inclusiv ale valorilor numerice cunoscute, se obține funcția obiectiv :

$$A_t = \frac{93{,}17 \cdot x}{1{,}174 - x} \cdot \ln \frac{x}{2{,}15 \cdot x - 1{,}35} + \frac{88{,}89}{x - 0{,}944} \cdot \ln \frac{1{,}389}{2{,}333 - x}. \quad (7)$$

În principiu, valoarea optimă a lui $x$ ar trebui aflată prin rezolvarea ecuației :

$$\frac{dA_t}{dx} = 0.$$

Cum însă derivarea funcției obiectiv este greoaie, iar ecuația obținută este complicată și rezolvarea ei trebuie făcută prin încercări succesive, se preferă utilizarea directă a funcției. Dîndu-se diverse valori lui $x$, se calculează $A_1$ (primul termen al funcției), $A_2$ și $A_t$, în scopul stabilirii valorii minime a lui $A_t$.

În figura 4 sînt reprezentate variațiile lui $A_1$, $A_2$ și $A_t$ în funcție de $x$, în domeniul valorii minime a lui $A_t$. În stînga diagramei, $A_1$ și $A_t$ tind asimptotic către infinit pentru $x = 0{,}628$, iar în dreapta $A_2$ și $A_t$ tind asimptotic către infinit pentru $x = 2{,}333$.

Din această diagramă se citește valoarea optimă $x = 1{,}3$ (s-ar putea merge și la o precizie mai mare).

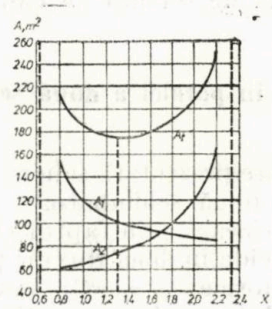



Fig. 4. Stabilirea valorii minime a ariei totale de transfer pentru schema din figura 3.

Calculul tuturor parametrilor corespunzători lui $x = 1{,}3$;

$$C_2 = \frac{C}{1+x} = \frac{22\,220}{2{,}3} = 9\,661 \text{ W/°C};$$

$$C_1 = C - C_2 = 12\,559 \text{ W/°C};$$

$$t_7 = t_5 - \frac{Q_1}{C_1} = 290 - \frac{1{,}2\cdot 10^6}{12\,559} = 194{,}5°\text{C};$$

$$t_8 = t_5 - \frac{Q_2}{C_2} = 290 - \frac{0{,}8\cdot 10^6}{9\,661} = 207{,}2°\text{C};$$

$$\Delta t_1 = \frac{(194{,}5 - 150) - (290 - 250)}{\ln \frac{194{,}5 - 150}{290 - 250}} =$$

$$= \frac{44{,}5 - 40}{\ln \frac{44{,}5}{40}} = 42{,}21°\text{C};$$

$$\Delta t_2 = \frac{(290 - 240) - (207{,}2 - 170)}{\ln \frac{290 - 240}{207{,}2 - 170}} =$$

$$= \frac{50 - 37{,}2}{\ln \frac{50}{37{,}2}} = 43{,}29°\text{C};$$

$$A_1 = \frac{Q_1}{k_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{1{,}2\cdot 10^6}{280 \cdot 42{,}21} = 101{,}53 \text{ m}^2;$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{k_2 \cdot \Delta t_2} = \frac{0{,}8\cdot 10^6}{250 \cdot 43{,}29} = 73{,}92 \text{ m}^2;$$

$$A_t = A_1 + A_2 = 175{,}45 \text{ m}^2;$$

$$\sum \frac{C_{At}}{C_{50}} = \frac{0{,}46625}{50} \cdot 175{,}45 + 0{,}53375 \cdot 2 =$$

$$= 2{,}7036.$$

Această valoare este mai mică decît toate valorile corespunzătoare stabilite anterior.

## VI. Optimizarea sistemului prin intermediul numerelor de unităţi de transfer

Ca şi în metoda anterioară, se urmăreşte calcularea ariilor de transfer necesare şi stabilirea valorii minime a lui $A_t$ în funcţie de $x$. Se găseşte desigur aceeaşi valoare optimă a lui $x$.

Relaţiile de calcul necesare [5; 6]:

$$A_t = A_1 + A_2 = N_1 \cdot \frac{(mc_p)_{mică\ 1}}{k_1} + N_2 \cdot \frac{(mc_p)_{mică\ 2}}{k_2}, \quad (8)$$

$(mc_p)_{mică}$ este capacitatea calorică mai mică, dintre capacităţile calorice ale celor două fluide care circulă prin schimbătorul corespunzător.

Numerele de unităţi de transfer de căldură, pentru cele două schimbătoare în contracurent, sînt:

$$N_1 = \frac{\ln \frac{1 - \eta_1 X_1}{1 - \eta_1}}{1 - X_1}; \quad N_2 = \frac{\ln \frac{1 - \eta_2 X_2}{1 - \eta_2}}{1 - X_2}. \quad (9)$$

Expresiile raportului capacităţilor calorice:

$$X_1 = \frac{(mc_p)_{mică\ 1}}{(mc_p)_{mare\ 1}}; \quad X_2 = \frac{(mc_p)_{mică\ 2}}{(mc_p)_{mare\ 2}}. \quad (10)$$

Eficienţele schimbului de căldură se exprimă prin:

$$\eta_1 = \frac{Q_1}{(mc_p)_{mică\ 1}(t_5 - t_1)};$$

$$\eta_2 = \frac{Q_2}{(mc_p)_{mică\ 2}(t_5 - t_3)}. \quad (11)$$

Diferenţele de temperatură corespund temperaturilor de intrare ale celor două fluide în schimbătoarele respective.

Aplicarea relaţiilor anterioare pentru cazul optim cu $x = 1{,}3$:

$$C_2 = \frac{C}{1 + x} = 9\,661 \text{ W/°C}; \quad C_1 = 12\,559 \text{ W/°C}.$$

Pentru schimbătorul $S_1$:

$$X_1 = \frac{R_1}{C_1} = \frac{12\,000}{12\,559} = 0{,}95549.$$

$$\eta_1 = \frac{1{,}2\cdot 10^6}{12\,000\,(290 - 150)} = 0{,}71429.$$

$$N_1 = \frac{\ln \frac{1 - 0{,}71429 \cdot 0{,}95549}{1 - 0{,}71429}}{1 - 0{,}95549} = 2{,}3705.$$

$$A_1 = 2{,}3705 \cdot \frac{12\,000}{280} = 101{,}59 \text{ m}^2.$$

Pentru schimbătorul $S_2$:

$$X_2 = \frac{C_2}{R_2} = \frac{9\,661}{11\,430} = 0{,}84523;$$

$$r_{12} = \frac{0{,}8 \cdot 10^6}{9\,661(290-170)} = 0{,}69006;$$

$$N_2 = \frac{\ln \dfrac{1 - 0{,}69006 \cdot 0{,}84523}{1 - 0{,}69006}}{1 - 0{,}84523} = 1{,}9131;$$

$$A_2 = 1{,}9131 \cdot \frac{9\,661}{250} = 73{,}93 \text{ m}^2.$$

Se constată că se obţin practic aceleaşi rezultate, ca şi în metoda anterioară.

## VII. Stabilirea ariei totale minime de transfer de căldură

Metoda de minimizare a ariei totale de transfer pentru sisteme de schimb de căldură multiflux, fără schimbarea stării de agregare a fluidelor, cu aparate în contracurent şi $k$ = const. care se prezintă şi aplică în acest paragraf, a devenit clasică şi este întîlnită în mai multe lucrări [7; 18]. Ea este cunoscută sub numele de metoda „grafică", dar graficul care se poate construi nu este necesar pentru rezolvarea problemei, ci numai pentru o explicitare a metodei. Această metodă constă în stabilirea unei scheme de transfer cu schimbătoare de căldură plasate într-o combinaţie mixtă, respectîndu-se principiul contracurentului global, astfel încît să se obţină în medie diferenţe de temperatură medii logaritmice cît mai mari.

În sistemul analizat, fluidul rece *1* se încălzeşte de la 150°C pînă la 250°C, iar fluidul rece *2* de la 170°C pînă la 240°C. Se constată că aceste două fluide au un interval de temperatură comun, cuprins între 170 şi 240°C, în care încălzirea se va face cu fluidul cald divizat în paralel, proporţional cu fluxurile termice corespunzătoare. Încălzirea fluidului rece *1* de la 240°C pînă la 250°C se va face într-un schimbător în care fluidul cald se va răci de la temperatura de intrare 290°C pînă la o temperatură $t_x$. Încălzirea fluidului rece *1*, de la 150°C pînă la 170°C, se va face într-un aparat în care fluidul cald se va răci de la o temperatură $t_y$ pînă la temperatura sa finală de 200°C. Schema rezultată în urma acestui raţionament este redată în figura 5.

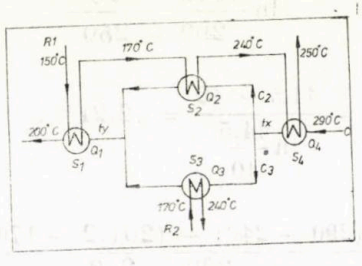



Fig. 5. Schema de schimb de căldură cu patru schimbătoare în combinaţie mixtă.

Respectîndu-se notaţiile utilizate, pot fi calculate diversele mărimi necunoscute.

$$Q_4 = R_1(250 - 240) = C(290 - t_x);$$

$$t_x = 290 - \frac{12\,000}{22\,220}(250 - 240) = 284{,}6°\text{C};$$

$$Q_1 = R_1(170 - 150) = C(t_y - 200);$$

$$t_y = 200 + \frac{12\,000}{22\,220}(170 - 150) = 210{,}8°\text{C};$$

*Tabelul 2*

**Valorile parametrilor caracteristici ai schimbătoarelor de căldură din figura 5**

| Schimbătorul | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Temp. fluid cald, °C | 200—210,8 | 210,8—284,6 | 210,8—284,6 | 284,6—290 |
| Temp. fluid rece, °C | 150—170 | 170—240 | 170—240 | 240—250 |
| $\Delta t$, °C | 45,24 | 42,67 | 42,67 | 42,26 |
| $Q$, W | 240 000 | 840 000 | 800 000 | 120 000 |
| $k$, W/m² °C | 280 | 280 | 250 | 280 |
| $A$, m² | 18,95 | 70,31 | 75,00 | 10,14 |

$$Q_2 = R_1(240 - 170) = C_2(t_x - t_y);$$

$$C_2 = 12\,000\frac{240 - 170}{284{,}6 - 210{,}8} = 11\,380 \text{ W/°C};$$

$$Q_3 = R_2(240 - 170) = C_3(t_x - t_y);$$

$$C_3 = 11\,430\frac{240 - 170}{284{,}6 - 210{,}8} = 10\,840 \text{ W/°C}.$$

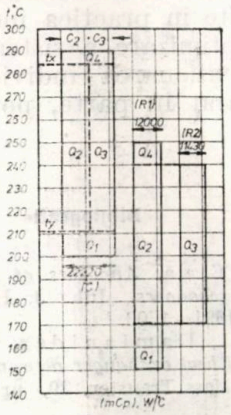


Fig. 6. Reprezentarea grafică a fluxurilor termice schimbate pentru schema din figura 5.

Se constată că $C_2 + C_3 = C$.

În tabelul 2 sînt sintetizate valorile parametrilor caracteristici ai celor patru schimbătoare de căldură, care apar în schema din figura 5.

Aria totală de transfer a schimbătoarelor din această schemă este :

$$\Sigma A_t = 174{,}4 \text{ m}^2,$$

iar costul relativ, global, al acestor aparate are valoarea :

$$\sum \frac{C_{At}}{C_{50}} = \frac{0{,}46625}{50} \cdot 174{,}4 + 0{,}53375 \cdot 4 = 3{,}7613.$$

Se constată, în raport cu schemele analizate anterior, că aria totală de transfer este minimă, iar costul relativ global este maxim.

În figura 6 este explicitată grafic metoda de optimizare prezentată. Luîndu-se în ordonată scara temperaturilor, se reprezintă inițial, pentru fluidul cald și pentru fluidele reci, fluxurile termice schimbate global, prin intermediul unor dreptunghiuri.

Acestea au înălțimea egală cu diferența de temperatură corespunzătoare și baza proporțională cu capacitatea calorică respectivă. Sînt redate apoi, conform raționamentului prezentat anterior, fluxurile termice schimbate în cele patru aparate necesare.

## Concluzii

În cadrul acestui articol s-au analizat posibilitățile de realizare a unui sistem concret de schimb de căldură în care, cu un singur flux de fluid cald, se încălzesc două fluxuri de fluide reci. S-au impus, prin datele inițiale, capacitățile calorice ale fluidelor, precum și temperaturile de intrare și ieșire, cu excepția temperaturii de ieșire a fluidului cald.

S-au analizat schemele de schimb de căldură cu două schimbătoare în serie, cu trei schimbătoare în serie (două pentru unul dintre fluidele reci) și cu două schimbătoare în paralel.

În cursul acestei analize s-au semnalat unele principii generale, de care trebuie să se țină seama și în analizarea altor sisteme concrete, ca de exemplu :

- pentru ca schimbul de căldură dorit să fie posibil, trebuie ca temperatura de intrare a fluidului cald să fie superioară temperaturilor de ieșire pentru ambele fluide reci, iar temperatura de ieșire a fluidului cald, rezultată din bilanțul termic global al sistemului, trebuie să fie mai mare cel puțin decît una dintre temperaturile de intrare ale fluidelor reci ;
- la fiecare schimbător de căldură individual, pentru ca transferul de căldură să se poată realiza în contracurent, este necesar ca temperaturile fluidului rece să fie mai mici decît temperaturile fluidului cald la capetele corespunzătoare ale schimbătorului, iar pentru ca transferul de căldură să se poată realiza în curent mixt, este obligatoriu ca temperatura de ieșire a fluidului rece să fie mai mică decît temperatura de ieșire a fluidului cald ;
- costul global al unui grup de schimbătoare de căldură depinde de aria totală de transfer de căldură și de numărul de aparate, cres-

**Rezultate comparative pentru schemele de schimb de căldură analizate** *Tabelul 3*

| Schema analizată (figura) | Număr schimbătoare | $A_t$, m² | $\Sigma(C_{At}/C_{50})$ | % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 284,18 | 3,7175 | 100,0 |
| 2 cu $t_x = 200$ °C | 3 | 185,14 | 3,3277 | 89,5 |
| 2 cu $t_{x\,optim} = 204$ °C | 3 | 183,88 | 3,3159 | 89,2 |
| 3 cu $x = C_1/C_2 = 1{,}5$ | 2 | 177,38 | 2,7216 | 73,2 |
| 3 cu $x_{optim} = 1{,}3$ | 2 | 175,45 | 2,7036 | 72,7 |
| 5 | 4 | 174,40 | 3,7613 | 101,2 |

cînd o dată cu creşterea acestui număr, iar criteriul normal de optimizare economică a unui grup de schimbătoare trebuie să fie costul global şi nu aria totală de transfer a schimbătoarelor;

- în cazul în care pentru un schimbător diferenţa minimă de temperatură este prea redusă, se poate înlocui schimbătorul respectiv cu două schimbătoare în serie, între care este intercalat un schimbător de căldură cu un alt fluid, urmărindu-se creşterea în ordine a temperaturilor de intrare, respectiv de ieşire, a fluidelor reci, astfel încît să se obţină creşteri sensibile ale diferenţelor medii de temperatură, urmate de reduceri ale ariilor de transfer necesare;
- în cazul utilizării, pentru o pereche de fluide, a două schimbătoare în serie, temperatura intermediară a unui fluid admite o valoare optimă, la care costul global al schimbătoarelor este minim şi care poate fi stabilită printr-un calcul simplu de optimizare;
- este de preferat să se treacă de la plasarea schimbătoarelor în serie la plasarea schimbătoarelor în paralel, pentru că la acelaşi număr de aparate, crescînd diferenţele medii de temperatură, se reduc aria totală de transfer şi costul global al schimbătoarelor;
- în cazul schimbătoarelor plasate în paralel, există o valoare optimă economică a raportului debitelor parţiale ale fluidului divizat, la care costul global al schimbătoarelor este minim, optimul respectiv putînd fi obţinut prin căutare directă sau prin folosirea funcţiei obiectiv stabilite prin metoda clasică a utilizării diferenţelor medii de temperatură sau prin metoda recentă a utilizării numerelor de unităţi de transfer de căldură.

Pentru sistemul concret analizat, s-a ajuns la concluzia trecerea că de la două la trei schimbătoare în serie este avantajoasă economic şi pentru al doilea caz s-a stabilit şi temperatura intermediară optimă a fluidului rece, care trece în serie prin două schimbătoare de căldură.

Cazul cel mai favorabil din punct de vedere economic este însă cel cu plasarea în paralel a două schimbătoare de căldură. În acest caz s-a stabilit şi valoarea optimă a raportului debitelor parţiale de fluid cald, care circulă prin cele două aparate, exemplificîndu-se utilizarea diverselor metode de optimizare caracteristice.

Metoda clasică, de minimizare a ariei totale de transfer, prezentată în final, pentru care rezultă o schemă cu patru schimbătoare în combinaţie mixtă, duce la un cost relativ global maxim. Se confirmă din nou că criteriul de optimizare economică trebuie să fie costul global al aparatelor şi nu aria totală de transfer a acestora.

În tabelul 3 este prezentată o sinteză a rezultatelor obţinute în analiza schemelor de schimb de căldură studiate. Se constată că în cazul a două schimbătoare în paralel, cu optimizare, costul global al schimbătoarelor de căldură necesare este cu 27,3% mai redus, decît în cazul clasic cu două aparate în serie.

Principiile semnalate, cu privire la optimizarea sistemelor de schimb de căldură multiflux şi exemplificarea concretă a utilizării acestora pentru optimizarea unui sistem dat, sînt utile în proiectarea diverselor sisteme de schimb de căldură întîlnite în practica industrială. După o astfel de optimizare a sistemului, se poate trece la dimensionarea individuală detaliată a fiecărui aparat în parte, pe cît posibil tot optimizată.

**Bibliografie**


[1] Chato, J. C. ş.a. *Analyses of parallel flow multistream heat exchangers.* Int. J. Heat Mass Transfer, 14, 1971, p. 1691—1703.

[2] Chato, J. C., Damianides, C. *Second-law-based optimization of heat exchanger networks using load curves.* Int. J. Heat Mass Transfer, 29, nr. 8, 1986, p 1979—1985.

[3] Corripio, A. B. ş.a. *Estimate costs of heat exchangers and storage tanks via correlations.* Chem. Eng., 25 ian. 1982, p. 125—127.

[4] Dobrinescu, D. ş.a. *Optimized sizing of air and water cooling systems.* Buletinul I.P.G. — Ploieşti, vol. 35, nr. 1, 1983, p. 75—88.

[5] Dobrinescu, D. *Procese de transfer termic şi utilaje specifice.* E.D.P., Bucureşti, 1983.

[6] Dobrinescu, D., Pătraşcu, C. *Optimizarea unui sistem de recuperare a căldurii dintr-o instalaţie de distilare atmosferică şi în vid a ţiteiului.* Revista de Chimie, 37, ian. 1986, p. 55—60.

[7] * * * *Energy management handbook* (Frith, J.F. ş.a.: *Optimize heat train design*, p. 109—111); Gulf Publishing, Houston-Texas, 1979.

[8] Lacunza, M. ş.a. *Optimizing exchanger design early.* Hydr. Proc., nr. 8, 1987, p. 41—42.

[9] Linnhoff, B., Flower, J. R. *Synthesis of heat exchanger networks.* A.I.Ch.E.J., 24, 1978, p. 633—654.

[10] Malhotra, A. ş.a. *Economic optimization of heating chains by discrete maximum principle.* J. Energy Heat Mass Transfer, 1, 1979, p. 142—152.

[11] * * * *Modelarea matematică a proceselor de transfer de căldură şi optimizarea echipamentului de transfer de căldură.* Academia de Ştiinţe, Kiev, U.R.S.S., 1979.

[12] Nishida, N. ş.a. *A simple and practical approach to the optimal synthesis of heat exchanger networks.* A.I.Ch.E.J., 23, 1977, p. 77—93.

[13] Parkinson, A. R. ş.a. *The optimal design of resilient heat exchanger networks.* A.I.Ch.E. Symp. Ser., 78, nr. 214, 1982, p. 85—98.

[14] Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. *Plant design and economics for chemical engineers.* McGraw-Hill, New York, 1980.

[15] Purohit, G. P. *Estimating costs of shell and tube heat exchangers.* Chem. Eng., 22 aug. 1983, p. 56—67.

[16] Siddiqui, A. R. ş.a. *Economic optimization of heat exchanger-cooler train.* J. Energy Heat Mass Transfer, 3, 1981, p. 39—47.

[17] Siddiqui, A. R. ş.a. *Optimization of a heat exchanger chain consisting of two cold streams.* Eng. Optimiz., 7, 1984, p. 157—166.

[18] Woinaroschy, A., Smigelschi, O. *Ingineria sistemelor şi optimizarea proceselor chimice.* Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1983.

# Modificări chimico-structurale ale mineralelor argiloase sub influenţa unor parametri tehnologici

Conf. dr. chim. **L. Antonescu**
şef lucr. dr. chim. **F. Manea**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

## Generalităţi

În industria petrochimică, în procesele tehnologice de prelucrare a produselor petroliere, se utilizează o gamă variată de catalizatori. Catalizatorii utilizaţi în procesele de cracare catalitică a benzinelor pot folosi ca suport şi minerale din clasa alumino-silicaţilor naturali.

Parametrii funcţionali impuşi de tehnologia de prelucrare a benzinelor pot să modifice structura şi compoziţia chimică a mineralelor ce alcătuiesc suportul catalizatorului, astfel încît din punct de vedere funcţional catalizatorul să-şi modifice gradul de eficienţă.

Pentru a elucida în ce măsură aceşti parametri funcţionali (temperatura şi durata de funcţionare) influenţează asupra calităţii şi eficienţei catalizatorilor de tip zeolitic utilizaţi în procesele de cracare catalitică, s-a iniţiat un studiu al proprietăţilor de schimb ionic a mineralelor argiloase folosite ca suport.

Mineralele argiloase din ţara noastră reprezintă o materie primă eficientă economic, care evită importul, precum şi sinteza suportului.

În structura alumino-silicaţilor naturali, pe lîngă dispunerea succesivă a tetraedrilor $SiO_4$ cu octaedrii $AlO_4(OH)_2$ se întîlnesc şi elemente ca Mg, Fe, Mn, care pot substitui elementele centrale Si şi Al din unităţile structurale foarte stabile, dar şi ioni ai metalelor alcaline şi alcalino-pămîntoase adsorbiţi între planele reticulare. În condiţii de umiditate avansată pot pătrunde, între planele reticulare, molecule de apă, care modifică reversibil distanţele dintre două pachete succesive şi facilitează schimbul

*Tabelul 1*

**Difractograme de raze X pentru principalele minerale componente din argila roşie de Breaza, caolinul de Harghita şi caolinul de Anglia [6]**

Argilă roşie de Breaza

| Illit (Il) | | Clorit (C) | | Mont. Na (M) | | Il + C + M | | Caolinit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n |
| fp | 10 Å | s | 14,52 Å | p | 19,32 Å | s | 21,43 Å | m | 7,13 Å |
| s | 4,42 Å | m | 7,13 Å | s | 9,03 Å | m | 14,52 Å | s | 3,57 Å |
| fp | 3,32 Å | s | 4,78 Å | s | 6,49 Å | fp | 10 Å | | |
| | | s | 3,52 Å | p | 4,41 Å | m | 8,67 Å | | |

Caolin de Harghita

| α-cuarţ | | Caolinit | | Vermiculit | | Talc | | Beidelit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n | I | d/n |
| fp | 3,36 Å | fp | 7,22 Å | fp | 10,25 Å | fp | 9,34 Å | fp | 15,1 Å |
| m | 4,32 Å | fp | 3,60 Å | m | 4,96 Å | fp | 3,12 Å | fp | 4,45 Å |
| | | | | s | 3,36 Å | fp | 4,66 Å | fp | 3,02 Å |

Caolin de Harghita — Caolin de Anglia

| Analeit Ca | | Gismondit | | Caolinit | |
|---|---|---|---|---|---|
| I | d/n | I | d/n | I | d/n |
| fp | 5,56 Å | fp | 4,28 Å | fp | 7,18 Å |
| fp | 3,41 Å | fp | 3,20 Å | fp | 3,58 Å |
| m | 3,36 Å | | | | |

*Notaţii*: I (*s, m, p, fp*) — intensitatea semnalului (slabă, medie, puternică, foarte puternică)

*Tabelul 2*

**Conținutul total al elementelor sodiu și potasiu în mineralele argiloase** [în miligrame (mg) și miliechivalenți (meq)].

| Element \ Mineral | | Argilă de Breaza | Caolin de Harghita | Caolin de Anglia |
|---|---|---|---|---|
| Na | mg/100 g | 1 647 | 880 | 1 300 |
| | meq/100 g | 71,61 | 38,26 | 56,52 |
| K | mg/100 g | 5 310,63 | 280 | 380 |
| | meq/100 g | 136,17 | 7,18 | 9,74 |

ionic al elementelor adsorbite în structura mineralului [1].

Mineralele argiloase studiate din punctul de vedere al posibilității utilizării acestora ca suport pentru catalizatorii de tip zeolitic sînt : caolinul de Harghita de tip A, argila roșie de Breaza și caolinul de Anglia ca standard intern.

Parametrii tehnologici care se impun în utilizarea catalizatorilor (temperatură, durată de funcționare și umiditate) modifică compoziția chimică a mineralelor și astfel se modifică și indicii calitativi ai catalizatorului.

În lucrare se urmărește stabilirea unei metode de determinare a elementelor Na și K din pozițiile de schimb ionic ale mineralelor argiloase, prin utilizarea soluțiilor de electroliți și influența temperaturii în timp asupra mobilității elementelor Na și K din structura mineralelor.

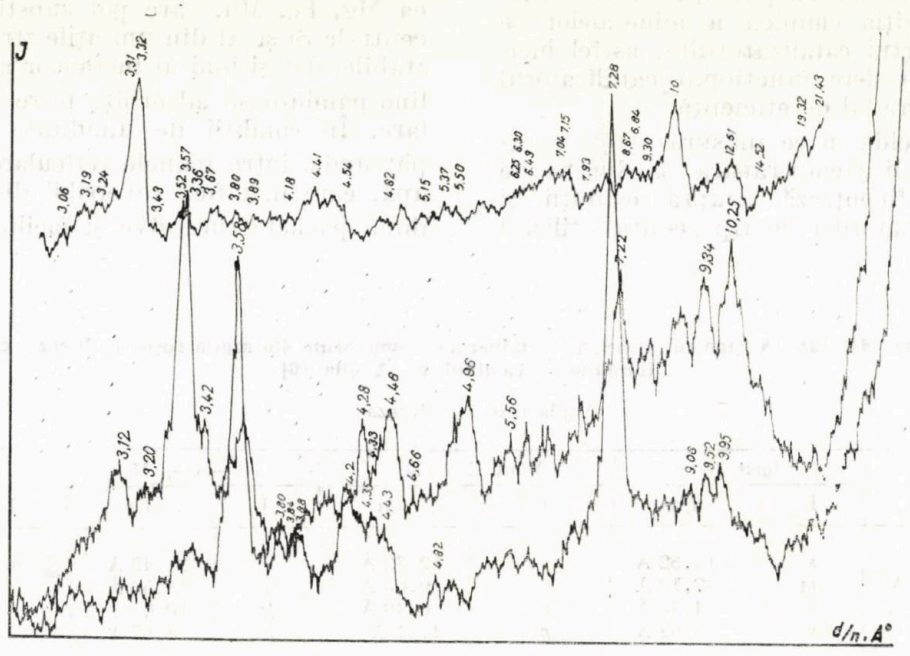



Fig. 1. Difractograme de raze X pentru minerale argiloase :
*1* — argilă roșie de Breaza ; *2* — caolin de Harghita ; *3* — caolin de Anglia

*Tabelul 3*

**Conținutul elementelor sodiu și potasiu adsorbite prin schimb ionic din minerale argiloase, în prezența electroliților**

| Element \ Mineral \ Electrolit | | Caolin de Harghita | | | Caolin de Anglia | | | Argilă de Breaza | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $(NH_4)_2CO_3$ | $NH_4Cl$ | $CH_3COONH_4$ | $(NH_4)_2CO_3$ | $NH_4Cl$ | $CH_3COONH_4$ | $(NH_4)_2CO_3$ | $NH_4Cl$ | $CH_3COONH_4$ |
| Na | mg/100 g | 16 | 20 | 17 | 17 | 28 | 19 | 620 | 700 | 680 |
| | meq/100 g | 0,70 | 0,87 | 0,74 | 0,74 | 1,21 | 0,82 | 26,95 | 30,43 | 29,56 |
| | % | 1,81 | 2,27 | 1,93 | 1,3 | 2,15 | 1,46 | 37,64 | 42,50 | 41,28 |
| K | mg/100 g | 14 | 24 | 155 | 21,5 | 29,5 | 14 | 70 | 90 | 75 |
| | meq/100 g | 0,33 | 0,61 | 0,39 | 0,55 | 0,75 | 0,35 | 1,79 | 2,30 | 1,92 |
| | % | 5 | 8,57 | 5,55 | 5,65 | 7,76 | 3,68 | 1,32 | 1,70 | 1,41 |

## Partea experimentală

*Determinarea structurii mineralogice și a conținutului în elemente sodiu și potasiu ale mineralelor argiloase*

S-au luat în studiu minerale argiloase indigene de tip: argilă roșie de Breaza, caolin de Harghita și caolin de Anglia, ca standard intern.

Structura mineralogică a acestor minerale s-a determinat cu ajutorul metodei difracției razelor X [2], folosind un difractometru D.R.Q.N-1. Rezultatele analizei sînt prezentate în tabelul 1 și figura 1.

Totodată s-a determinat conținutul total al elementelor Na și K din mineralele argiloase, folosind metoda dizolvării acestora prin dezagregarea sub presiune [3] și analiza prin metoda flamfotometrică, folosind un flamfotometru „Flaphokol" Karl Zeiss Jena. Rezultatele determinărilor sînt prezentate în tabelul 2.

*Metoda de determinare a conținutului de elemente sodiu și potasiu, adsorbite în pozițiile de schimb ionic ale mineralelor argiloase*

Pentru a stabili proporția în care elementele sodiu și potasiu, implicate în procesul bunei funcționări a catalizatorului, ocupă pozițiile mobile în structura mineralelor, s-a încercat o metodă de determinare a acestora. Astfel, plecînd de la ideea că elementele adsorbite în poziții de schimb ionic sînt legate mai puțin puternic, s-a încercat substituirea ionilor $Na^+$ și $K^+$ cu ioni cu rază (în stare hidratată) apropiată sau mai mare, care îi pot elimina cu ușurință din rețea: $r_{NH_4^+} = 2{,}04$ Å, $r_{K^+} = 2{,}01$ Å, $r_{Na^+} = 1{,}61$Å [4].

Pentru schimbul ionic al elementelor sodiu și potasiu din mineralele studiate s-au utilizat soluții apoase de electroliți, cu concentrație normală: carbonat de amoniu, clorură de amoniu și acetat de amoniu.

Schimbul ionic s-a efectuat stabilind raportul de 10 g mineral spălat, uscat la 100°C, mojarat și sitat, la 100 ml soluție electrolit cu concentrație normală. După agitarea magnetică a amestecului timp de o oră, s-a separat fluidul de mediul solid prin centrifugare. Din lichid s-au făcut determinări ale conținutului de sodiu și potasiu prin metoda flamfotometrică.

Rezultatele obținute sînt ilustrate în tabelul 3.

S-a stabilit că schimbul ionic al elementelor sodiu și potasiu din mineralele studiate depinde de natura electrolitului. Dintre electroliții utilizați, cea mai pronunțată afinitate pentru schimbul ionic al elementelor alcaline o manifestă soluția de clorură de amoniu.

De asemenea s-a constatat, din cantitățile mai mari de ioni $K^+$ extrase din mineral cu acest electrolit, că în alegerea electrolitului trebuie să se țină seamă ca razele ionilor hidratați implicați în schimbul ionic să fie cît mai apropiate ca valoare.

*Influența temperaturii de lucru asupra conținutului elementelor sodiu și potasiu adsorbite în pozițiile de schimb ionic ale mineralelor argiloase*

Deoarece catalizatorul microsferic de tip zeolitic pentru cracare catalitică este supus în condiții tehnologice la temperaturi de 600—800°C, s-a încercat să se stabilească în ce măsură aceste valori ale temperaturii modifică structura și capacitatea de schimb ionic a elementelor sodiu și potasiu din mineralele studiate. Modificările structurale ale mineralelor argiloase conduc la o redistribuire a ionilor adsorbiți în pozițiile de schimb ionic.

Pentru a evidenția în ce măsură temperaturile de 600, respectiv 800°C modifică proprietățile de schimb ionic față de ionii sodiu și potasiu, probele minerale au fost supuse temperaturilor respective pe durată variabilă în atmosferă umedă. Pentru a simula condițiile de lucru, în cuptor s-au introdus cîte 5 $cm^3$ de apă distilată la fiecare 30 de minute. Probele au fost ținute în cuptor la temperaturile respective timp de 4; 6 și 12 ore.

După răcirea probelor în exicator, s-a determinat conținutul elementelor sodiu și potasiu

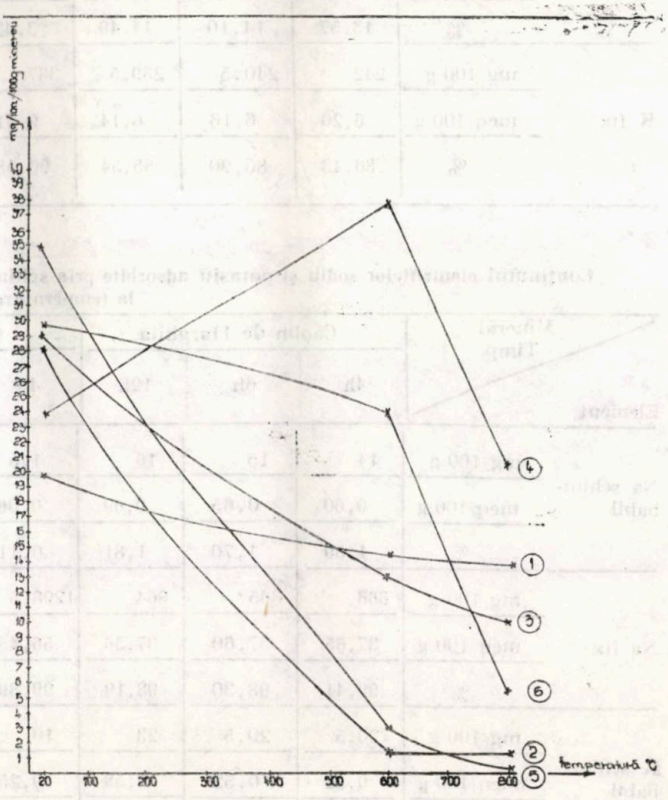



Fig. 2. Variația conținutului de ioni ce se pot schimba din caolin funcție de temperatură:
*1* — conținutul de ioni $Na^+$ schimbabili în caolinul de Harghita; *2* — conținutul de ioni $K^+$ schimbabili în caolinul de Harghita; *3* — conținutul de ioni $Na^+$ schimbabili în caolinul de Anglia; *4* — conținutul de ioni $K^+$ schimbabili în caolinul de Anglia; *5* — conținutul de ioni $Na^+$ schimbabili din argila de Breaza; *6* — conținutul de ioni $K^+$ schimbabili din argila de Breaza.

din pozițiile de schimb ionic cu soluție normală de clorură de amoniu după metoda prezentată.

Creșterea temperaturii de la 600 la 800°C produce o reducere a conținutului de ioni $Na^+$ și $K^+$ în pozițiile de schimb ionic (fig. 2). Este cunoscut faptul că mineralele argiloase la temperatură pierd apa adsorbită, precum și apa din rețelele reticulare și astfel se reduce și capacitatea de schimb ionic. Totodată, prin creșterea temperaturii are loc și fenomenul desorbirii gazelor componente, precum și oxidarea materialului organic [5]. Pentru unele minerale argi-

*Tabelul 4*

**Conținutul elementelor sodiu și potasiu adsorbite prin schimb ionic în mineralele argiloase, după ce au fost supuse la temperatura de 600° C**

| Element | Mineral / Timp | Caolin de Harghita | | | Caolin de Anglia | | | Argilă de Breaza | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4h | 6h | 12h | 4h | 6h | 12h | 4h | 6h | 12h |
| Na schimbabil | mg/100 g | 15 | 17 | 18 | 1,5 | 3 | 3,2 | 54 | 61 | 59 |
| | meq/100 g | 0,65 | 0,74 | 0,78 | 0,06 | 0,13 | 0,14 | 2,34 | 2,65 | 2,56 |
| | % | 1,7 | 1,93 | 2,04 | 0,11 | 0,23 | 0,24 | 3,28 | 3,70 | 3,58 |
| Na fix | mg/100 g | 865 | 963 | 862 | 1 298,5 | 1 297 | 1 298,8 | 1 593 | 1 586 | 1 588 |
| | meq/100 g | 37,6 | 37,52 | 37,47 | 56,45 | 56,39 | 56,38 | 69,26 | 68,95 | 69,04 |
| | % | 98,3 | 98,07 | 97,96 | 99,89 | 99,77 | 99,76 | 96,72 | 96,30 | 96,42 |
| K schimbabil | mg/100 g | 38 | 39,5 | 40,5 | 13 | 14 | 15,5 | 69,5 | 72,5 | 77 |
| | meq/100 g | 0,97 | 1,01 | 1,03 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 1,78 | 1,85 | 1,97 |
| | % | 13,57 | 14,10 | 14,46 | 3,42 | 3,68 | 4,07 | 1,30 | 1,36 | 1,45 |
| K fix | mg/100 g | 242 | 240,5 | 239,5 | 367 | 366 | 364,5 | 5 241,1 | 5 238,4 | 5 233,6 |
| | meq/100 g | 6,20 | 6,16 | 6,14 | 9,41 | 9,38 | 9,34 | 134,38 | 134,31 | 134,19 |
| | % | 86,43 | 85,90 | 85,54 | 96,58 | 96,32 | 95,93 | 98,70 | 98,64 | 98,55 |

*Tabelul*

**Conținutul elementelor sodiu și potasiu adsorbite prin schimb ionic în minerale argiloase, după ce au fost supuse la temperatura de 800° C**

| Element | Mineral / Timp | Caolin de Harghita | | | Caolin de Anglia | | | Argilă de Breaza | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4h | 6h | 12h | 4h | 6h | 12h | 4h | 6h | 12h |
| Na schimbabil | mg/100 g | 14 | 15 | 16 | 1,5 | 3 | 3 | 14 | 15 | 21 |
| | meq/100 g | 0,60 | 0,65 | 0,69 | 0,065 | 0,13 | 0,13 | 0,60 | 0,65 | 0,91 |
| | % | 1,59 | 1,70 | 1,81 | 0,11 | 0,23 | 0,23 | 0,85 | 0,91 | 1,27 |
| Na fix | mg/100 g | 866 | 865 | 864 | 1298,5 | 1 297 | 1 297 | 1 633 | 1 632 | 1 626 |
| | meq/100 g | 37,65 | 37,60 | 37,56 | 56,45 | 56,39 | 56,39 | 71 | 70,95 | 70,69 |
| | % | 99,41 | 98,30 | 98,19 | 99,89 | 99,77 | 99,77 | 99,15 | 99,09 | 98,73 |
| K schimbabil | mg/100 g | 20,5 | 20,5 | 23 | 10 | 11,5 | 14 | 14 | 16,5 | 19 |
| | meq/100 g | 0,52 | 0,52 | 0,58 | 0,25 | 0,29 | 0,35 | 0,35 | 0,42 | 0,48 |
| | % | 7,32 | 7,32 | 8,21 | 2,63 | 3,02 | 3,62 | 0,26 | 0,31 | 0,35 |
| K fix | mg/100 g | 259,5 | 259,5 | 257 | 370 | 368,5 | 366 | 5 296,6 | 5294,1 | 5291,6 |
| | meq/100 g | 6,65 | 6,65 | 6,58 | 9,48 | 9,44 | 9,38 | 135,81 | 135,74 | 135,68 |
| | % | 92,68 | 92,68 | 91,79 | 97,37 | 96,98 | 96,32 | 99,74 | 99,69 | 99,65 |

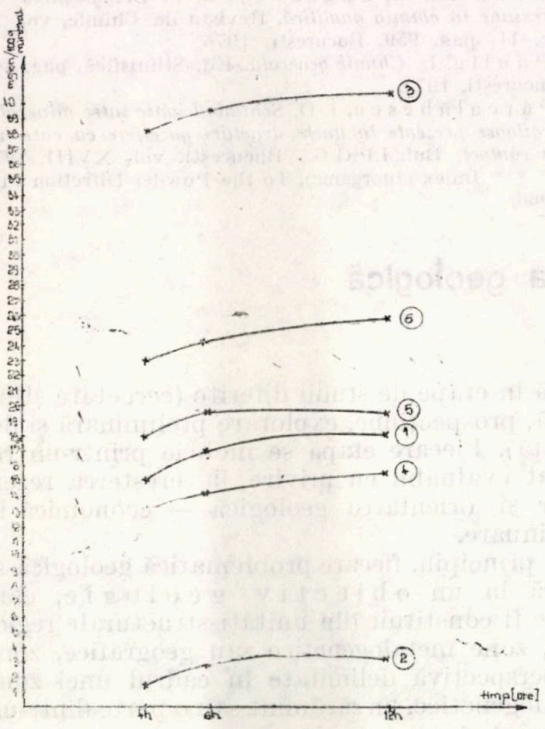



Fig. 3. Variaţia conţinutului de sodiu şi potasiu schimbabili din caolin funcţie de durata de funcţionare, la temperatura de 600°C:
*1* — conţinutul de ioni $Na^+$ schimbabili în caolinul de Harghita; *2* — conţinutul de ioni $K^+$ schimbabili în caolinul de Harghita; *3* — conţinutul de ioni $Na^+$ schimbabili în caolinul de Anglia; *4* — conţinutul de ioni $K^+$ schimbabili în caolinul de Anglia; *5* — conţinutul de ioni $Na^+$ schimbabili din argila de Breaza; *6* — conţinutul de ioni $K^+$ schimbabili din argila de Breaza

loase, la temperaturi superioare celei de 600°C, se constată o eliminare a grupărilor hidroxilice din reţea, mai bruscă la mineralele dioctoedrice şi mai lentă la mineralele trioctoedrice.

Creşterea temperaturii de lucru produce, concomitent cu scăderea procentului de ioni $Na^+$, şi o creştere a procentului de ioni $K^+$ în poziţiile de schimb ionic. Pentru caolinul de Harghita se observă că în domeniul de temperatură sub 600°C are loc o creştere a conţinutului de ioni $K^+$ schimbabili. Schimbările structurale produse de creşterea temperaturii afectează mai mult mineralele din caolinul de Harghita.

În domeniul de temperatură 600—800°C se constată o comportare similară a caolinului de Harghita şi a caolinului de Anglia, în ceea ce priveşte schimbul ionilor $Na^+$ şi $K^+$

*Influenţa duratei de funcţionare a catalizatorului la o temperatură dată asupra conţinutului ionilor $Na^+$ şi $K^+$ din mineralele argiloase*

Mineralele argiloase au fost supuse la temperaturi de 600—800°C pe durată variabilă: 4; 6 şi 12 ore în atmosferă umedă. Apoi s-a determinat conţinutul de ioni $Na^+$ şi $K^+$ din poziţiile de schimb ionic. Rezultatele sînt prezentate în tabelele 4 şi 5.

În figura 3 se prezintă variaţia conţirutului de ioni $Na^+$ şi $K^+$ din poziţiile de schimb ionic ale mineralelor argiloase studiate în funcţie de timp, la temperaturi de 600°C, iar în figura 4 aceeaşi variaţie la temperaturi de 800°C

## Concluzii

Se poate constata, în timp, o valoare ceva mai mare a conţinutului de ioni $Na^+$ şi $K^+$ pentru toate tipurile de minerale argiloase, în condiţii de temperatură ridicată.

Mineralele argiloase se comportă asemănător la temperaturi de 600°C şi cu uşoare variaţii în timp la temperaturi de 800°C, în ceea ce priveşte conţinutul de ioni schimbabili.

Viteza de creştere a conţinutului de ioni alcalini în poziţiile de schimb ionic este mai mare în primele ore de funcţionare, ca după 6 ore să se constate o reducere a vitezei de migrare a ionilor $Na^+$ şi $K^+$ din poziţiile fixe, imobile, ale mineralelor.

Aceste studii au arătat că mineralele argiloase studiate se comportă aproape asemănător în condiţiile de lucru stabilite: temperatură, durată de funcţionare, în atmosferă cu umiditate oscilantă.

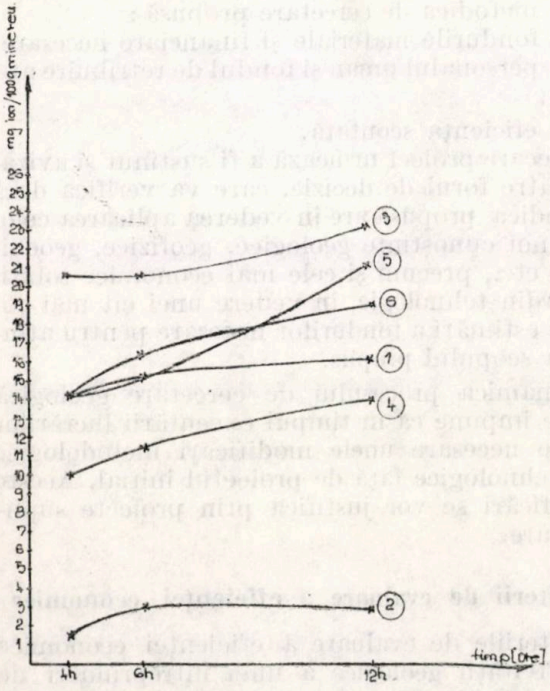



Fig. 4. Variaţia conţinutului de sodiu şi potasiu schimbabili din caolin funcţie de durata de funcţionare la temperatura de 800° C:
*1*— conţinutul de ioni $Na^+$ schimbabili din caolinul de Harghita; *2* — conţinutul de ioni $K^+$ schimbabili din caolinul de Harghita; *3* — conţinutul de ioni $Na^+$ schimbabili din caolinul de Anglia; *4* — conţinutul de ioni $K^+$ schimbabili din caolinul de Anglia; *5* — conţinutul de ioni $Na^+$ schimbabili din argila de Breaza; *6* — conţinutul de ioni $K^+$ schimbabili din argila de Breaza.

**Bibliografie**

[1] Manea, F. *Schimbul ionic al elementelor din mineralele argiloase în prezența soluției de hidroxid de sodiu.* Mine, Petrol, Gaze, vol. 37, nr. 8, pag. 389, București, 1986.

[2] Manea, F. *Schimbători de ioni naturali din zăcămintele petrolifere și schimbul ionic al acestora cu apele de injecție.* Teză de doctorat, București, 1985.

[3] Manoliu, C., Zugrăvescu, P. *Dezagregarea sub presiune în chimia analitică.* Revista de Chimie, vol. 26, nr. 11, pag. 959, București, 1976.

[4] Paulig, L. *Chimie generală.* Ed. Științifică, pag. 448, București, 1972.

[5] Pârcălăbescu, I. D. *Schimbul ionic între mineralele argiloase prezente în unele structuri gazeifere cu care vin în contact.* Bul. I.P.G.G., București, vol. XVIII, 1971.

[6] * * * Index (Inorganic), To the Powder Difrction File, 1966.

# Eficiența în activitatea geologică

Geol. **C. Todros**
I.P.E.G. Banatul

## Generalități

Activitatea de cercetare geologică, în ansamblul ei, are un caracter de cercetare și studiu continuu cu implicații practice deosebit de importante în numeroase ramuri industriale și economice.

Din acest motiv, rezultatul valorificabil de către economia națională al acestei activități, respectiv creșterea de rezerve obținută, reprezintă principalul criteriu de evaluare a eficienței realizate.

Acest criteriu este aplicabil la nivel de întreprindere, zonă metalogenetică sau, pe ansamblul activității, la scară națională.

În baza acestui criteriu se poate realiza o corelare între planificarea, decontarea și stimularea economică a activității.

## Principalii indicatori ai activității geologice

La stabilirea indicatorilor care să permită caracterizarea activității geologice și care să poată fi exprimați cifric trebuie avute în vedere următoarele.

— problematica geologică ce cuprinde și creșterea rezervelor;

— evaluarea realizării problematicii geologice, respectiv totalitatea cercetărilor geologice necesare în diferite etape exprimate în prețuri de deviz, drept limită de finanțare;

— beneficiul realizat, precum și o serie de alți indicatori economici și tehnici stabiliți prin sistemul de planificare socialist.

— problematica eficienței, care cuprinde rezultatele scontate și fondurile necesare pentru executarea cercetărilor geologice.

Prin lucrări de cercetare geologică se înțelege: prestații științifice-tehnice (proiectarea geologică, documentarea, interpretarea, calcul de rezerve, lucrări geofizice, hidrogeologice, de inginerie geologică, geochimice, de foraj, precum și de lucrări miniere) care, în totalitate, sînt necesare pentru ducerea la îndeplinire a problematicii geologice într-o anumită etapă a procesului de cercetare geologică.

Procesul de cercetare geologică este un proces dinamic, de cunoaștere și decizie, care se desfășoară în etape de studii diferite (cercetare științifică, prospecțiune, explorare preliminară și detaliată). Fiecare etapă se încheie printr-un rezultat evaluabil cu privire la creșterea rezervelor și orientarea geologică — economică în continuare.

În principiu, fiecare problematică geologică se referă la un obiectiv geologic, care poate fi constituit din unități structurale regionale, zone metalogenetice sau geografice, zone de perspectivă delimitate în cadrul unei zone metalogenetice, un zăcămînt sau o parte dintr-un zăcămînt etc.

Conducerea, planificarea și decontarea problematicii geologice este condiționată de importanța pe care o prezintă obiectivul sau obiectivele pentru economia națională. În acest scop, este necesar a se face un calcul al fondurilor necesare și posibile de alocat pentru rezolvarea problematicii geologice respective.

Aceste calcule urmează a fi efectuate prin proiectele geologice, care trebuie să cuprindă:

— definirea concretă a obiectivului de cercetat;
— scopul cercetării și rezultatele scontate;
— metodica de cercetare propusă;
— fondurile materiale și financiare necesare;
— personalul uman și fondul de retribuire aferent;
— eficiența scontată.

Fiecare proiect urmează a fi susținut și avizat de către forul de decizie, care va verifica dacă metodica propusă are în vederea aplicarea celor mai noi cunoștințe geologice, geofizice, geochimice etc., precum și cele mai economice soluții de ordin tehnologic, în vedere unei cît mai corecte estimări a fondurilor necesare pentru atingerea scopului propus.

Dinamica procesului de cercetare geologică poate impune ca în timpul executării lucrărilor să fie necesare unele modificări metodologice sau tehnologice față de proiectul inițial. Aceste modificări se vor justifica prin proiecte suplimentare.

## Criterii de evaluare a eficienței economice

Criteriile de evaluare a eficienței economice a activității geologice a unei întreprinderi de

profil sau a activității în ansamblu se bazează pe :

— realizarea cantitativă, sortimentală și calitativă a problematicii geologice propuse ;

— respectarea termenului de execuție, cu încadrarea, respectiv reducerea, cheltuielilor planificate.

Prin realizarea cantitativă se înțelege creșterea volumului de rezerve. Planificarea acestui indicator se face diferențiat, funcție de stadiul (etapa) de cercetare geologică. El are un caracter orientativ în etapele preliminare de cercetare, devenind „director" în etapa de explorare detaliată.

Acest aspect, deosebit de important al activității geologice, rezultă din caracterul de „proces de cunoaștere" de la necunoscut la cunoscut al activității geologice.

Realizarea sortimentelor de lucrări presupune respectarea proporțională a diferitelor lucrări geologice față de rezultatele obținute pe ansamblu sau pe substanțe.

De ex. : metri de foraje/tonă de rezervă ;
tonă de rezerve/1 000 m galerii etc.

Indicele calitativ rezultă din realizarea criteriilor calitative prevăzute în proiectul geologic și se referă atît la rezultatele de ordin geologic, cît și tehnologic.

De ex. : punerea în evidență a unor rezerve cu conținuturi în substanță utilă la nivelul prevederilor din proiect sau mai mari ; realizarea recuperajului prevăzut în proiecte sau mai bun ; depășirea vitezelor de avansare planificate la foraj și lucrări miniere etc.

Din punct de vedere economic, realizarea indicelui calitativ se exprimă prin reducerea cheltuielilor pe tona de rezervă sau pe unitatea de lucrare (km² de prospecțiune, metri de foraj sau lucrare minieră etc.)

În ceea ce privește încadrarea în termenul de execuție stabilit și avizat, indicator deosebit de important în reglementarea finanțării lucrărilor, acesta se consideră realizat cînd :

- prin încadrarea în limita fondurilor alocate și în termenul de execuție stabilit s-a realizat problematica geologică ;
- termenul de execuție a fost redus, respectîndu-se prevederile proiectului geologic din punct de vedere metodologic ;
- au fost reduse cheltuielile pentru activitatea geologică și tehnologică prevăzută în proiect, cu economiile realizate executînd un volum suplimentar de lucrări cu aport de rezerve.

### Aplicarea criteriilor de evaluare a eficienței

După cum am mai arătat, datorită specificului activității geologice, criteriile de evaluare a rezultatelor activității, aplicate în majoritatea ramurilor industriale, cum ar fi : producția marfă, producția brută, producția internă etc. nu sînt aplicabile în activitatea geologică. Ele corespund numai operațiilor tehnologice (foraje, lucrări miniere, analize) și, din acest motiv, exprimă numai o latură a activității geologice. Ca atare este necesară aplicarea unui criteriu exprimabil în cifre, care să satisfacă relația „investiții — rezultate" și să permită planificarea, urmărirea și stimularea activității geologice. Expresia matematică a eficienței este redată de raportul :

$$E = \frac{I}{Q} \quad \text{sau} \quad E' = \frac{a}{I},$$

în care :

$I$ este investiția necesară sau efectuată (cheltuieli necesare) ;

$Q$ — volumul de rezerve puse în evidență.

Prin aceasta este posibil ca și în geologie să se aplice un indicator pe unitate cum ar fi lei/tonă sau tone/lei investiții, care să fie folosiți în planificarea, urmărirea și stimularea economică.

Trebuie remarcat totuși faptul că numai acest indicator singular nu corespunde unei evaluări complete a economicității activității geologice, deoarece este necesar să se aibă în vedere și următoarele aspecte :

- utilitatea activității geologice pentru economia națională, respectiv pentru ramurile industriale extractive miniere și petroliere sau alte ramuri care exploatează și utilizează roci utile ;
- delimitarea ariei de cercetare geologică ;
- stabilirea unei metodologii de evaluare a eficienței economice corespunzătoare diferitelor etape de cercetare geologică ;
- încadrarea activității geologice în limita de timp, impusă de sistemul planificat al economiei socialiste.

Din aceste motive este necesar să facem unele precizări cu privire la eficiența procesului de cercetare geologică și eficiența activității geologice în cadrul sistemului economic național

Eficiența procesului de cercetare geologică se referă la eficiența obținută în cercetarea unui zăcămînt în diferite etape ale acestei cercetări, în timp ce prin eficiența activității geologice în cadrul sistemului economic național se înțelege eficiența organizațiilor sau întreprinderilor geologice, luate aparte sau în totalitate.

Eficiența economică a unei întreprinderi sau organizații geologice în cadrul sistemului economic național exprimă efectul util al muncii sociale pe care această unitate o realizează în cadrul planului unic național. Pentru aceasta, pe lîngă realizarea obiectivelor geologice de cercetare, studiere și calculare a rezervelor, intervin și indicatorii privind productivitatea muncii, consumurile de materiale, prețul de cost etc.

Este de la sine de înțeles că eficiența procesului de cercetare geologică are rolul conducător în aprecierea utilității și necesității executării unor lucrări geologice și că decizia în această privință nu se poate lua funcție de eficiența economică a unității de profil, sub aspectul indicatorilor economici de plan, ci — în primul rînd — funcție de obiectivele concrete și importanța lor.

Avînd în vedere utilitatea stabilirii eficienței economice a activității geologice în cadrul economiei naționale, este necesar a se face următoarele precizări.

Utilitatea activității de cercetare geologică, la nivelul economiei naționale, se exprimă prin valoarea maximă acceptabilă a investițiilor (cheltuielilor) pentru descoperirea unei unități (tone sau m³) de rezervă dintr-o anumită substanță minerală utilă, care se determină prin formula:

$$E^u = \frac{E}{I_{max}},$$

în care:

$E^u$ este efectul de utilitate în societate a cercetării și documentării pentru unitatea de rezervă;

$E$ — eficiența specifică = $= \frac{\text{valoarea lucrărilor}}{\text{volumul de rezerve}}$, lei/tonă (m³);

$I_{max}$ — investiția maximă acceptabilă pentru punerea în evidență a unei tone (m³) de rezervă.

Dacă valoarea $E^u$ este subunitară, eficiența este bună; în caz invers rezultă cheltuielile neeconeroase.

$$\left(\text{De ex.: } E = \frac{30 \text{ lei/tonă}}{40} = 0{,}75 \text{ eficiență bună}\right).$$

Determinarea investiției maxime admise ($I_{max}$) pentru obținerea unei substanțe minerale utile reprezintă limita cheltuielilor posibile pentru obținerea unei tone sau mai mult dintr-o substanță minerală avînd o anumită calitate (conținut în metale, în minereuri; putere calorifică sau însușiri de cocsificare la cărbuni etc.).

În acest caz:

$$I_{max} = C_{lim} \cdot P_q^{i=n},$$

din care:

$C_{lim}$ reprezintă cheltuieli-limită, lei/tonă;

$P$ — simbol de generalizare;

$q$ — coeficient pentru calitatea substanței minerale;

$i$ — indice calitativ cunoscut (1, 2, 3, ..., $n$).

Ultimii parametri se determină pe baza unor clasificări calitative și de necesitatea diferitelor tipuri de substanțe minerale; în cazul cărbunilor, lignitul va avea $i = 1$, iar huila cocsificabilă de calitate superioară poate avea $i = 5$.

Cît privește coeficientul $q$, acesta se determină funcție de importanța substanței minerale; minereurile aurifere pot avea $q = 10$, în timp ce minereul de cupru are $q = 4$.

Eficiența activității geologice, în funcție de necesarul ramurilor industriale, poate fi exprimată după cum urmează:

$$E_{ram} = \frac{e_{real}}{e_{plan}},$$

în care:

$E_{ram}$ este eficiența pe ramură;

$e_{real} = \frac{i_{real}}{Q_{real}}$ — eficiența realizată, lei/tonă;

$e_{plan} = \frac{i_{plan}}{Q_{plan}}$ — eficiența planificată, lei/t.

În urma prezentării criteriilor și modului de exprimare matematică a eficienței activității geologice pe plan național și în cadrul ramurilor industriale care exploatează și prelucrează substanțe minerale, în cele ce urmează redăm unele aspecte ale eficienței economice de cercetare a unui obiectiv concret, respectiv în realizarea unei problematici geologice.

Evaluarea eficienței geologice, în cazul unui obiectiv concret, este necesară pentru:

— luarea deciziei cu privire la începerea lucrărilor de cercetare și continuarea lor în diferite stadii de execuție;

— introducerea obiectivului în planurile anuale sau de perspectivă;

— aprecierea oportunității continuării sau începerii activității productive pe obiectivul în cauză.

Elementele de cunoaștere, necesare pentru evaluarea eficienței în acest caz, sînt următoarele:

**a)** problematica geologică, incluzînd creșterea de rezerve, pentru întregul proces de investigare și cercetare, dar și pentru diferitele faze sau etape de cercetare a obiectivului;

**b)** limita de investiții pentru problematica geologică;

**c)** eficiența economică prin atragerea obiectivului în circuitul economic;

**d)** eficiența specifică realizată în cazul obiectivului respectiv.

De menționat este faptul că, în genere, elementele de cunoaștere necesare evaluării variază de la un obiectiv la altul, de la o substanță minerală la alta, acestea depinzînd de stadiul lucrărilor de cercetare geologică.



OROSZLÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1983

MINISTERUL MINELOR

INTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB, REPARATII UTILAJE SI ECHIPAMENTE ELECTROTEHNICE MINIERE PETROSANI

# PRODUCE: CUTIE DE RAMIFICATIE MODULARA

SE UTILIZEAZA în instalaţiile telegrizumetrice pentru realizarea conexiunilor pe tronsoanele principale de cabluri cu număr mare de conductoare.

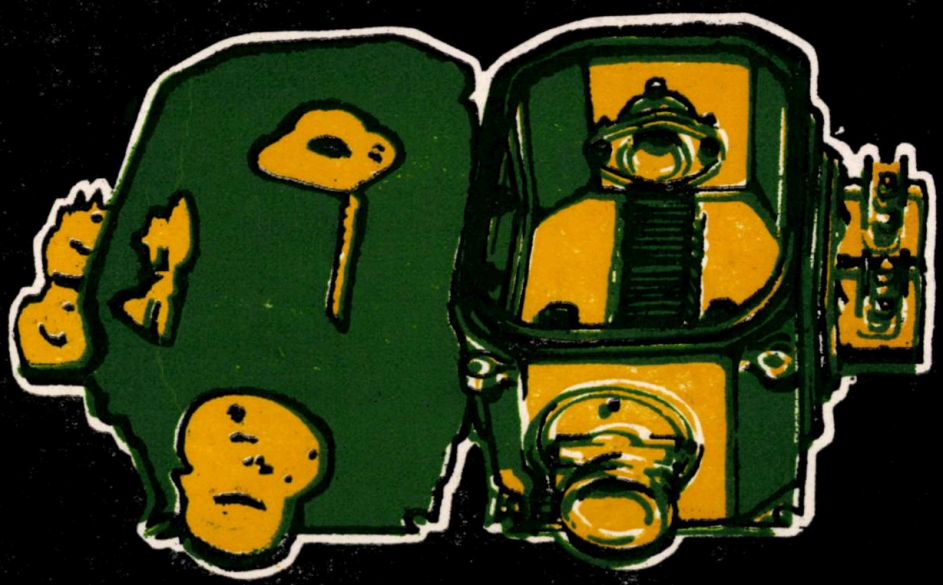
IN PRINCIPIU, un modul se compune dintr-o cutie de tablă închisă etanş cu un capac din tablă ambutisată. In interior este prevăzut cu un şir de cleme. Racordarea cablurilor se face prin introducătoare de cablu. Cutiile se pot cupla formînd şiruri de cutii.

CARACTERISTICI TEHNICE:

- dimensiuni de gabarit: 270x222x117 mm;
- introducătoare: 6 bucăţi;
- circuite de racordare: 15 bucăţi;
- modul de protecţie: Exil;
- grad de protecţie normală: IP 54;
- masa informativă: 4 kg.

I.P.S.R.U.E.E.M. PETROSANI

Str. Luncă nr. 115, telefon 44902, 43962, 44462, interior 120, telex 032814



INTREPRINDEREA SALINA SLANIC produce şi oferă beneficiarilor interni şi externi:

SARE BULGARI: 0-50 şi 1-30 kg.

SARE PENTRU ZOOTEHNIE, cu 97% NaCl, de culoare alb-cenuşie, sub formă de brichete paralelipipedice de 250x150x80 mm, cu greutate de 5±5% kg şi umiditate de 1%.

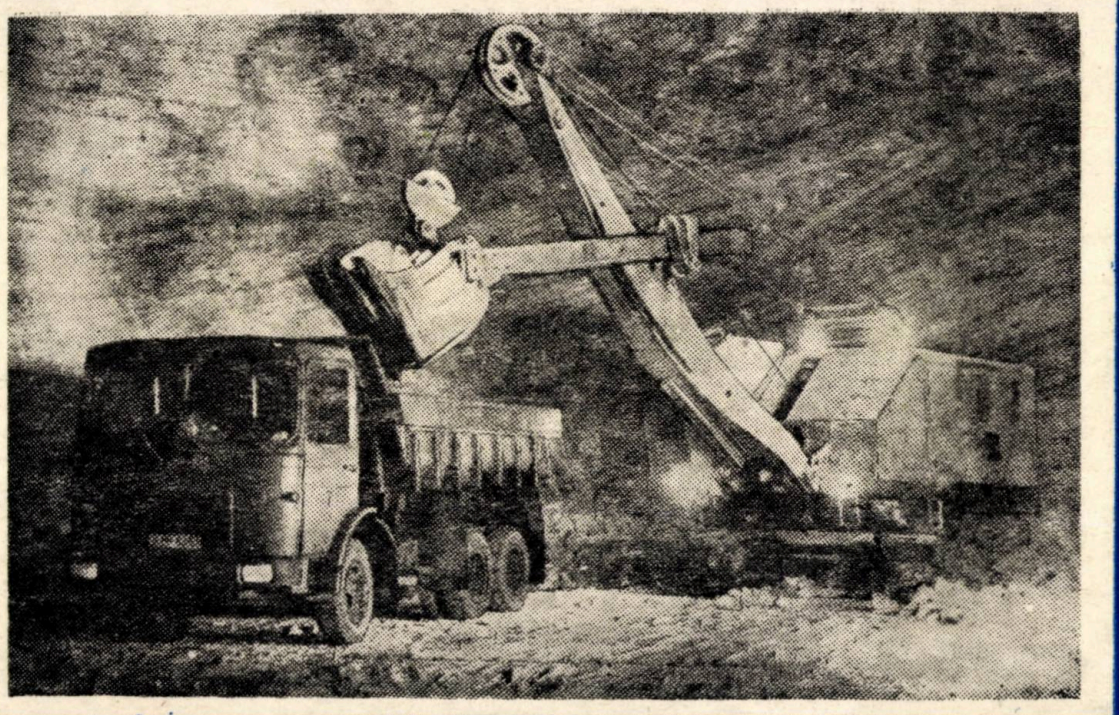
SARE IN VRAC (industrială), cu granulaţie: 0-2; 0-4; 0-10; 0-16 şi 2-15 mm.

SARE AMBALATA în saci (de hîrtie şi polietilenă) de cîte 50 kg:
- sare măruntă 0-2 mm (97,5% NaCl);
- sare măruntă iodată 0-2 mm (97,5% NaCl);
- sare uruială 2-4 mm (98% NaCl);
- sare fină 0-1 mm (99% NaCl);
- sare extrafină 0-0,8 mm (99,2% NaCl);
- sare specială pentru industria alimentară de 1-2 şi 2-5 mm (99,2% NaCl).

SARE AMBALATA în pungi de polietilenă şi cutii de carton, de cîte 1 kg:
- sare fină 0-1 mm (99% NaCl);
- sare extrafină 0-1, 0,1-0,8 mm (NaCl).

INTREPRINDEREA SALINA SLANIC, str. Cuza Vodă nr. 22, jud. PRAHOVA, cod Sirues 0775370, telefon 972/ 40994, 40995

# MINISTERUL MINELOR
# CENTRALA SARII SI NEMETALIFERELOR
# SALINA SLANIC



1989 MAR 1 1

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 40, martie 1989

3

# Institutul de cercetări şi proiectări pentru petrol şi gaze Cîmpina

INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI
PENTRU PETROL SI GAZE - CÎMPINA
Str. Culturii 29, tel. 31730, cod 2150

EXECUTA PENTRU PARTENERII SAI:

## STUDII

- studii geologice complexe privind elaborarea şi fundamentarea programului de lucrări de prospecţiune şi explorare în vederea stabilirii perspectivelor de hidrocarburi ale bazinelor sedimentare;
- studii de evaluare a rezervelor de prognoză şi industriale şi de prevedere a producţiei de hidrocarburi;
- studii şi documentaţii tehnice privind extracţia ţiţeiului şi gazelor din sonde/mine;
- studii privind interpretarea calitativă şi cantitativă a diagrafiilor de sondă, elaborarea de programe şi prelucrarea datelor la calculatoarele electronice;
- studii de exploatare a zăcămintelor de ţiţei şi gaze;
- studii asupra metodelor de recuperare;
- studii economice şi de optimizare;
- studii şi cercetări privind forajul sondelor, extracţia, transportul şi distribuţia gazelor naturale;
- procese şi aparate de ardere a gazelor naturale.

## DOCUMENTATII TEHNICE

- documentaţii tehnice (engineering) privind colectarea, separarea, încălzirea cu flacără directă, desulfurarea, depozitarea şi transportul ţiţeiului, apei şi gazelor;
- documentaţii tehnice pentru instalaţiile de suprafaţă din şantiere;
- documentaţii tehnice privind amenajări de baze petroliere, instalaţii portuare pentru primirea şi expedierea ţiţeiului şi produselor petroliere;
- documentaţii tehnico-economice pentru investiţiile privind forajul sondelor. extracţia, distribuţia şi utilizarea gazelor naturale;
- documentaţii tehnice de instalaţii autotransportabile pentru intervenţie la sonde şi măsurători;
- documentaţii tehnice privind extracţia ţiţeiului prin minerit şi prelucrarea şisturilor petrolifere.

## ANALIZE

- analize petrofizice (densitatea, susceptibilitatea şi orientarea magnetică);
- analize petrografice-mineralogice (determinări microscopice în secţiuni subţiri ale mineralelor grele şi reziduurilor insolubile, granulometrii, conţinutul în carbonaţi, determinări în raze X, analize termodiferenţiale);
- analize geochimice (determinarea elementelor anorganice, extracţii cu solvenţi, analize spectrografice, cromatografice, analize de ţiţei, apă şi gaze);
- analize paleontologice (microfaunistice, macrofaunistice şi palinologice);
- analiza diagrafiilor şi evaluarea formaţiilor;
- analize convenţionale şi speciale pentru carote (porozităţi, permeabilităţi, saturaţii în ape interstiţiale, presiuni capilare, permeabilităţi relative etc.);
- analiza gazelor, condensatului, ţiţeiului şi apei extrase din sonde;
- analiza fluidelor de foraj şi a pastelor de cimentare a sondelor.

## ALTE ACTIVITATI

- măsurarea presiunilor şi a temperaturilor din sondele productive, analize P.V.T.;
- materiale noi (aditivi) pentru fluidele de foraj, pentru degajarea garniturii de foraj; paste de ciment, stimularea producţiei, dezemulsionarea, reducerea viscozităţii şi tratatea ţiţeiului pentru transport, combaterea coroziunii, crustelor;
- dispozitive de control pentru activitatea de foraj, dispozitive de gaz-lift, aparate pentru evaluarea presiunii, temperaturii şi colectarea probelor de ţiţei şi gaze din sonde, mecanisme de ceasornic;
- aparate pentru determinarea presiunii de vapori şi densităţii gazolinei;
- aparate pentru determinarea stabilităţii electrice a emulsiilor inverse;
- presa pentru testarea rezistenţei pietrei de ciment;
- nivelmetre;
- instalaţii şi pompe de injecţie a chimicalelor pentru evacuarea lichidelor acumulate în gaura de sondă.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

Nr. 3 1989


MUSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR HOLLÓN 1883

## CUPRINS


*Elekeş, Fr., Marian, N., Stanciu, Al., Liciu Marieta, Fodor Karina* **Posibilitatea utilizării vagonetelor de capacitate mărită la transportul pe galeriile magistrale în minele din bazinul carbonifer Valea Jiului** . . . . . 111

*Fotă, D.* **Îmbunătăţirea stabilităţii haldelor prin scarificarea rocilor din fundament** . . . 121

*Szabo, C., Cocheci, O.* **Modernizarea instalaţiilor de comandă electrică a maşinilor de zeţaj din preparaţiile de cărbune** 125

*Vişan Sanda, Socolescu Ana-Maria, Vişan, T., Botez Ligia* **Recuperarea electrochimică a aurului din pirite arsenioase** 127

*Bucur, N.* **Zeoliţii naturali şi implicaţiile lor în biologie** . . . 131

*Pârcălăbescu, I.D., Manea Floarea, Brebeanu Gh., Nistor, I.* **Contribuţie la cunoaşterea compoziţiei chimice a fluidelor din zăcămîntul dogger al structurii Mitrofani** . . . . . 134

*Dobrinescu, D.* **Construcţia, dimensionarea şi performanţele schimbătoarelor de căldură cu plăci** . . . . . .

**Din istoria petrolului românesc** . 142

*Moisin, A.* **Evoluţia producţiei de ţiţei în România de la mijlocul secolului al XIX-lea pînă în anul 1944** . . . . . 149



### COLEGIUL DE REDACŢIE

*Preşedinte:* ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.625.24 : 622.268.12

Elekeş, Fr. ş.a. *Posibilitatea utilizării vagonetelor de capacitate mărită la transportul pe galeriile magistrale în minele din bazinul carbonifer Valea Jiului*

Sînt prezentate o alternativă a transportului cu benzi în subteran, precum şi modul şi condiţiile în care acesta poate fi o alternativă viabilă din punct de vedere tehnico-economic.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.693.25

Fotă, D. *Îmbunătăţirea stabilităţii haldelor prin scarificarea rocilor din fundament*

Îmbunătăţirea rezistenţei contactului fundament-haldă se obţine prin scarificarea parţială a rocilor din fundament. În lucrare se demonstrează că lăţimea propriu-zisă a excavaţiilor, cît şi adîncimea acestora se stabilesc în funcţie de posibilităţile tehnologice de execuţie şi de volumele excavaţiilor care rezultă din realizarea geometriei de fundament.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.762.7

Szabo, C., Cocheci, O. *Modernizarea instalaţiei de comandă electrică a maşinilor de zeţaj din preparaţiile de cărbune*

La Institutul de cercetări, inginerie tehnologică şi proiectări miniere pentru huilă din Petroşani a fost realizat un model de laborator al plăci de oscilaţii de la maşinile de zeţaj, model experimentat cu succes în cadrul instalaţiilor de preparare a cărbunelui din bazinul Valea Jiului.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.775

Vişan Sanda ş.a. *Recuperarea electrochimică a aurului din pirite arsenioase*

S-a studiat extracţia aurului dintr-o pirită arsenioasă printr-un procedeu electrochimic. S-au stabilit condiţiile optime de electroliză a minereului suspendat într-o soluţie apoasă de hidroxid de sodiu, cianură de potasiu şi o sare cuaternară de amoniu.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.361.1

Bucur, N. *Zeoliţii naturali şi implicaţiile lor în biologie*

Autorul abordează posibilitatea folosirii zeoliţilor naturali care se găsesc în cantităţi mari în zăcămintele din ţara noastră şi în alte domenii decît cele clasice, ca de exemplu în hrana animalelor domestice.

Mine, Petrol, Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.323

Pârcălăbescu, I. D. ş.a. *Contribuţie la cunoaşterea compoziţiei chimice a fluidelor din zăcămîntul dogger al structurii Mitrofani*

Analizele chimice şi chimico-spectrale de emisie pun în evidenţă transformări importante, atît asupra apelor de zăcămînt, hidrocarburilor în fază gazoasă, cît şi condensatului — fază lichidă. Legităţi ale radio-chimiei explică aceste transformări ale materiei sub influenţa dezintegrării nucleare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 621—71 : 628.8

Dobrinescu, D. *Construcţia, dimensionarea şi performanţele schimbătoarelor de căldură cu plăci*

Se prezintă aspectele constructiv funcţionale ale schimbătoarelor de căldură cu plăci, cu curgere în paralel, în serie sau mixtă, precum şi aparatele multiflux corespunzătoare. Se redau relaţiile specifice pentru calcularea coeficientului de convecţie şi a căderii de presiune şi se expune, prin intermediul unei aplicaţii concrete, metodica de dimensionare a unor astfel de schimbătoare. Se prezintă domeniile de utilizare şi avantajele tehnico-economice ale schimbătoarelor de căldură cu plăci, în raport cu schimbătoarele de căldură clasice.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

**Din istoria petrolului românesc**

Moisin, A. *Evoluţia producţiei de ţiţei în România de la mijlocul secolului al XIX-lea pînă în anul 1944*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

# CONTENTS


C.Z.622.625.24 : 622.268.12

Elekeş, Fr. et al. *The possibility of using larger cars for transportation along the mainroads in the mines in the Jiu Valley basin*

An alternative for the transportation by conveyor belts in the underground is presented as well as the way and conditions in which it can be a viable alternative from the technico-economic viewpoint.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.693.25

Fotă, D. *The improvement of heap stability by scarifying the rocks at the basis*

The improvement of the basis-heap contact resistance is obtained by a partial scarifying of the rocks at the basis. The article demonstrates the width of the excavations, as well as their depth is established according to the technological possibilities of execution and the volume of the excavations which result from the basis geometry.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.762.7

Szabo, C., Cocheci, O. *The modernization of the electrical control installation of jigwashers in coal preparation plants*

A laboratory model of the jigging plate of jig washers has been created at the Mining Research, Technological Engineering and Design Institute in Petroşani ; the model has been succesfully tried at the coal preparation plants in the Jiu Valley basin.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.775

Vişan Sanda ş. a. *The electro-chemical recovery of gold from arsenious pirites*

The recovery of gold from an arsenious pirite by an electro-chemical method was taken into consideration. The best conditions for the electrolysis of the ore suspended in an aqueous solution of sodium hydroxide, potassium cianide and a quaternary ammonium salt have been established.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.361.1

Bucur, N. *Natural zeolites and their bilogical implications*

The author approaches the possibility of using the natural zeolites which can be found in large quantities in the deposits in this country in other applications than the classic ones, for instance as food for domestic animals.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

CtZ. 622.323

Pârcălăbescu, I. D. ş.a. *Contribution to the assessment of the chemical composition of fluids in the dogger deposit of the Mitrofani structure*

The emission chemical and chemico-spectral analysis emphasize important changes, both of the waters in the deposit, gaseous hydrocarbons and the condensed-liquid phase. The laws of radio-chemistry explain these changes of matter under the influence of nuclear desintegrationt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 621—71 : 628.8

Dobrinescu, D. *The construction, dimensioning and performances of plate heat exchangers*

The constructive-functional aspects of plate heat exchangers are presented — with parallel, serially or mixed flux, as well as the corresponding multiflux instruments. The specific relations for the calculation of the convection coefficient and the pressure drop are presented, by means of one concrete application and the dimensioning method of such exchanges. The fields of utilisation and the technico-economic advantages of plate heat exchangers are presented, in comparison with standard heat exchangers.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

**From the history of oil in Romania**

Moisin, A. *The evolution of crude production in Romania from the middle of the 19 the century until 1944*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

# СОДЕРЖАНИЕ


C.Z. 622.625.24 : 622.268.12

Елекеш, Фр. и др. *Возможность использования вагонеток повышенной мощности для транспортирования по магистральным штрекам на шахтах бассейна Валя Жиулуй*

Представлены альтернатива подземного конвейерного транспорта, а также условия для которых эта альтернатива является прогрессивной с технико-экономической точки зрения.

Ключевые слова: вагонетки, мощность, транспортирование, штрек, бассейн.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.693.25

Фотэ, Д. *Улучшение устойчивости отвалов скарификацией пород фундамента*

Частичной скарификацией пород фундамента улучшается устойчивость зоны контакта фундамента-отвала. В работе продемонстрируется, что ширина и глубина экскаваций установливаются в зависимости от технологических возможностей разработки и объёмов экскаваций, вытекающих при реализации геометрии фундамента.

Ключевые слова: устойчивость, отвал, фундамент, скарификация, экскавация.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 262. 762.7

Сабо, К., Кокеч, О. *Модернизирование установки электрического управления отсадочными машинами на обогатительных фабриках*

Институтом исследования, технологического инженерства и проектирования для каменного угля Петрошань разработана лабораторная модель плиты осциллографа отсадочных машин, испытана с успехом на установках обогащения угля в бассейне Валя Жиулуй.

Ключевые слова: модернизирование, отсадочная машина, обогащение, каменный уголь, управление.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.775

Вишан Санда и др. *Электрохимическая рекуперация золота из мышьяковистых пиритов*

Изучено иввлечение золота из мышьяковистого пирита электрохимическим способом. Установлены оптимальные условия электролиза руды в водном растворе гидрата натрия, цианистого калия и четвертичной амиячной соли.

Ключевые слова: рекуперация, золото, мышьяковистые пириты, руда, электролиз.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.361.1

Букур, Н. *Эстественные зеолиты и их последствия для биологии*

Представлена возможность использования естественных зеолитов, находящих в больших количествах в месторождениях нашей страны, и в других областях чем классических, например как кормление животных.

Ключевые слова: зеолиты, биология, месторождение, кормление.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.323

Пыркэлэбеску, И. Д. и др. *Вклад в исследования химического состава флюидов месторождения доггер структуры Митрофань*

Химические и эмиссионно-химико-спектральные анализы выявляют важные преобразования как в подземных водах и газовых углеводородах, так и в конденсате-жидкой фазе. Радиохимические закономерности объясняют эти преобразования материи влиянием атомного распада.

Ключевые слова: химический состав, месторождение, структура Митрофань, атомный распад, преобразования.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 621—71 : 628.8

Добринеску, Д. *Конструкция, установление размеров и результаты использования пластинчатых теплообменников*

Представлены конструктивно-функциональные характеристики пластинчатых теплообменников, параллельной, последовательной или совместной течкой, а также соответствующие многопоточные аппараты. Описываются специфические отношения для расчёта коэффициента конвекции и падения давления и конкретным применением представлены методика установления теплообменника, а также области использования и технико-экономические выгоды пластичнатых теплообменников по сравнению с классическими.

Ключевые слова: конструкция, теплообменни, ки, характеристики, коеффициент конвекции, методика.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

**Из истории румынской нефти**

Мойсин, А. *Эволюция нефтяного производства в Румынии с середины XIX-ого века до 1944 г.*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

# SOMMAIRE


C.Z. 622.625.24 : 622.268.12

Elekeş, Fr. et al. *La possibilité d'utilisation des vagonets à grande capacité dans le transport dans les galéries magistrales des mines du bassin Valea Jiului*

On présente une altérnative du transport avec des bandes dans le souterrain, de même que le mode et les conditions dans lesquelles celle-ci peut constituer une alternative viable du point de vue téchnique-économique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.693.25

Fotă, D. *L'amélioration de la stabilité des haldes par la scarification des roches du fondamment*

L'amélioration de la résistence du contact fondamment — halde est obtenue par la scarification partielle des roches du fondamment. Dans l'ouvrage on démontre que la largeur proprement-dite des excavations, de même que la profondeur de celles-ci sont établies en fonction des possibilités technologiques d'execution et des volumes des excavation qui résultent de la réalisation de la géométrie de fondamment.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.762.7

Szabo, C., Cocheci, O. *La modérnisation de l'installation de commande électrique des machines à cribler des préparations de charbon*

Dans le cadre de l'Institut de recherches, engineering technologique et projéctions miniers pour houile de Petroşani on a réalisé un modèle de laboratoire de la plaque d'oscillations des machines à cribler, modèle qu'on a experimenté avec beaucoup de succès dans le cadre des installations de préparation du charbon du bassin de Valea Jiului.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.775

Vişan Sanda et al. *La récupération électrochimique de l'or des pyrites arsénieuses*

On a étudié l'extraction de l'or d'une pyrite arsénieuse par un procédé électrochimique. On a établi les conditions optimales d'électrolyse du minerai suspendu dans une solution aqueuse de hydroxyde de sodium, cyanure de potassium et un sel quaternaire d'ammonium.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.361.1

Bucur, N. *Les zéolites naturels et leurs implications dans la biologie*

L'auteur aborde la possibilité de l'utilisation des zéolites naturels qui se trouvent dans de grandes quantités dans les gisements de notre pays dans autres domains aussi, non seulement dans ceux classiques, comme par exemple leurs utilisation dans la nourriture des animaux domestiques.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z. 622.323

Pârcălăbescu, I.D. et al. *Contribution à la connaissance de la composition chimique des fluides d'un gisement dogger de la structure de Mitrofani*

Les analyses chimique-spectrales d'emission mettent en évidence des transformations importantes, aussi sur les eaux de gisement, des hydrocarbures en phase gaseuse que sur le condensát — phase liquide. Les lois de la radiochimie expliquent ces transformations de la matière sous l'influence de la désintégration nucléaire.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

C.Z . 621—71 : 628.8

Dobrinescu, D. *La construction, le dimensionnement et les performances des échangeurs de chaleur à plaques*

On présente les aspects constructif-fonctionels des échangeurs de chaleur à plaques, avec écoulement en paralèle, en série ou mixte, de même que les appareils multi-flux afférents. On présente les relations spécifiques pour le calcul du coéfficient de convéction et de la chute de pression et on expose, par l'intermède d'une application concrète, la métho-

dique de dimensionnement de ces échangeurs. On présente les domaines d'utilisation et les avantages techniques-économiques des échangeurs de chaleur à plaques, par rapport aux échangeurs de chaleur classiques.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

**De l'histoi re du pétrole roumain**

Moisin, A. *L'évolution de la production de huile en Roumanie à partir du milieu du 19-ème siècle jusqu'à l'année 1944*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

# INHALT

C.Z. 622.625.24 : 6z22.268.12

Elekeş, Fr. et al. *Möglichkeit der Anwendung der Wagen vergrösster Kapazität bei der Hauptstreckenförderung in den Gruben des Reviers Jiu Tal*

Vorgestellt wird eine Alternative zur untertägigen Bandförderung, sowie die Art und Weise und die Bedingungen unter welchen diese Alternative, aus dem technisch-wirtschaftlichen Sichtpunkt, machbar ist.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.293.25

Fotă, D. *Verbesserung der Haldenstabilität durch die Auflockerung des Fundamentgesteins*

Die Verbesserung des Kontaktwiderstands Fundament — Halde wird durch die Teilauflockerung des Fundamentgesteins erreicht. Im Artikel wird es nachgewiesen dass die eigentliche Breite, sowie die Tiefe des Aushubs, in Abhängigkeit von den technologischen Ausführungsmöglichkeiten und von den, aus der Geometrie des Fundamentes sich ergebenden Abtragungsvolumina bestimmt werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622. 762.7

Szabo, C., Cocheci, C. *Modernisierung der elektrischen Steueranlage für die Setzmaschinen bei den Kohlenaufbereitungswerken*

Bei dem Institut für Forschung, Verfahrenstechnik und bergbauliche Planung für Steinkohle aus Petroşani wurde ein Labormodell des Schüttelherds für Setzmaschinen, entwickelt, welches erfolgreich im Rahmen der Kohlenaufbereitungsanlagen des Reviers Jiu Tal getestet wurde.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.775

Vişan Sanda et. al *Elektroche mische Gewinnung des Golds aus arsenigen Pyrlten*

Studiert wurde die Goldgewinnung aus einem arsenigen Pyrit durch ein elektrochemisches Verfahren. Festgestellt wurden die optimalen Elektrolysenbedingungen des schwimmenden Erzes in einer wässrigen Lösung von Natriumhydrohyd, Kaliumzyanid und einer quaternären Ammoniumsalz.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.361.1

Bucur, N. *Die Naturzeolithe und ihre Implikationen in der Geologie*

Der Verfasser geht der Möglichkeit der Benutzung der, in grossen Mengen in den Lagerstätten unseres Landes liegenden Naturzeolithe auch in anderen Bereichen als die klassischen, wie z. B. bei der Tierenfutterung, heran.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 622.323

Pârcălăbescu, I.D. et al. *Beitrag zur Kenntnis der der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeiten von der Doggerlagerstätte der Struktur Mitrofani*

Die chemischen und chemisch — spektralen Emissionsanalyse weisen auf wichtigen Umwandlungen, sowohl der Lagerstättenwässer, der Kohlenwasserstoffe in der Gasphase als auch des Kondensats — die Flüssigkeitsphase, hin. Die Stoffumwandlungen unter der Einwirkung des Kernzer-

falls werden durch Gesetzmässigkeiten der Radiochemie begründet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

C.Z. 621—71 : 628.8

D o b r i n e s c u, D. *Die Bauart, die Dimensionierung und die Leistung der Trennwandwärmetauscher*

Vorgestellt werden die bauartigen und funktionellen Aspekte der Trennwandwärmetanscher mit Parallel—, Reihen— oder kombinierte Strömung, sowie die entsprechenden Multifluxgeräte. Angegeben werden die spezifischen Beziehungen für die Berechnung des Konvektionskoeffizientes und des Druckfalls und, über einen konkreten Anwendungsbei — spiel, die Methodik für die Dimensionierung solcher Wärmetäuscher. Vorgestellt werden auch die Anweńdungsbereiche und die technisch—wirtschaftlichen Vorteile der Trennwandwärmetäuscher, im Vergleich mit denen der klassischen Bauart.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

**Aus der Geschichte der rumänischen Ölgewinnung**

M o i s i n, A. *Die Entwicklung der Ölgewinnung in Rümänien von der Mitte des 19 Jahrhunderts bis zum Jahre 1944*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 3, 1989

---

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti c. 1019
**Preţul: 13 lei/exemplar**
Grafica: A. Socaciu

---

# Posibilitatea utilizării vagonetelor de capacitate mărită la transportul pe galeriile magistrale în minele din bazinul carbonifer Valea Jiului

Ing. Fr. Elekeş, ing. N. Marian, ing. Al. Stanciu, sing. Marieta Liciu, teh. Karina Fodor
I.C.I.T.P.M.H. Petroşani

## I. Necesitatea modernizării transportului pe cale ferată şi a creşterii capacităţii acestuia

Actualmente, în minele din bazinul Valea Jiului, respectiv pe galeriile magistrale ale acestora, cele mai utilizate mijloace de transport sînt transportoarele cu bandă, pentru transportul utilului, şi vagonetele, avînd capacitatea de 1 m³, pentru transportul sterilului şi al materialelor.

Deoarece în abatajele minelor de cărbuni s-au introdus noi tehnologii de tăiere a cărbunelui, cum este tăierea mecanizată cu complexe de abataj, ceea ce a condus la creşterea debitului de cărbune extras, s-a impus ca o necesitate realizarea unui transport în flux continuu, de la frontul de lucru pînă la suprafaţă sau pînă la instalaţia de extracţie cu skip.

Amploarea pe care a luat-o în subteran utilizarea transportului cu transportoare cu bandă se datorează nu numai faptului că acest sistem realizează un flux de transport continuu la un debit relativ mare, ci şi faptului că modernizarea transportului pe cale ferată necesită importante volume de lucrări şi însemnate dotări, cu durată mare de realizare.

Din analiza transportului cu benzi în subteran şi din experienţa dobîndită utilizînd acest sistem de transport în minele din bazinul Valea Jiului, pe lîngă avantajele cunoscute şi în special cel de a fi un transport în flux continuu, prezintă însă şi o serie de dezavantaje tehnico-economice, cum ar fi :

**1** — preţul de cost ridicat al covorului de bandă, care ocupă pînă la 70 % din costul transportorului şi a cărui durată de utilizare depinde de eficacitatea folosirii şi a întreţinerii acestuia ;

**2** — covoarele din cauciuc ale transportoarelor din minele grizutoase trebuie să aibă caracter ignifug ;

**3** — durata de serviciu a transportoarelor cu bandă în minele din bazinul Valea Jiului este mai scăzută datorită condiţiilor naturale mai grele din aceste mine ;

**4** — în cazul traseelor de transport cu lungimi mari, este necesară utilizarea transportoarelor în cascadă, ceea ce măreşte consumul de energie electrică, numărul grupurilor de acţionare şi consumul de covor ;

**5** — în minele grizutoase tehnologia vulcanizării benzilor necesită măsuri de siguranţă speciale şi timpul necesar acestor operaţii este relativ mare ;

**6** — eficienţa mai scăzută a sistemelor de curăţare a covorului de cauciuc are ca rezultat încărcarea cu material argilos a rolelor şi a tobelor de acţionare şi întoarcere, ceea ce conduce la patinări ale covorului, precum şi la blocarea rolelor.

Datorită cauzelor amintite, pot să apară opriri ale fluxului de benzi de transport, putînd reduce considerabil caracterul de transport în flux continuu al acestui sistem de transport.

Pe de altă parte, este evident că în cazul creşterii producţiei de cărbune şi deci a volumului de masă minieră ce trebuie transportată, sistemul actual de transport pe cale ferată, utilizînd vagonete cu capacitatea de 1 m³, precum şi instalaţiile aferente încărcării şi descărcării acestora, nu numai că în majoritatea cazurilor este nerentabil din punctul de vedere al economicităţii transportului, dar poate deveni chiar o frînă în realizarea sarcinilor de plan, din următoarele motive principale :

— creşte numărul necesar de vagonete şi cel de locomotive de mină, ceea ce măreşte considerabil cheltuielile de exploatare şi întreţinere a acestora ;

— creşte numărul de garnituri, precum şi lungimea unei garnituri, ceea ce duce la complicaţii în ceea ce priveşte schemele de transport ;

— cresc cheltuielile de întreţinere a suprastructurii căii ferate ;

— creşte numărul de accidente tehnice.

Aceste motive conduc la concluzia că, pentru rentabilizarea transportului pe cale ferată, acesta trebuie reconsiderat atît din punctul de vedere al capacităţii de transport, al siguranţei transportului, cît şi al caracterului pregnant discontinuu al acestui sistem de transport.

## II. Analiza condiţiilor tehnico-economice şi oportunitatea introducerii transportului cu vagonete de capacitate mărită

Fiecare din cele două sisteme de transport, cel cu benzi transportoare, respectiv transportul pe cale ferată, are avantajele şi dezavantajele lui, alegerea unuia sau a altuia fiind dictată, în ultimă instanţă, de criterii tehnico-economice.

Datorită condiţiilor tehnico-miniere specifice, existente în minele din bazinul Valea Jiului, precum şi varietăţii lor, se impune ca la alegerea sistemului de transport să se efectueze, pentru

fiecare caz în parte, o analiză comparativă a prețului de cost pe tona de util transportat cu cele două sisteme de transport.

Determinarea domeniilor de utilizare, respectiv de introducere a transportului cu vagonete în subteran și în special a celui cu vagonete de capacitate mărită, precum și a limitelor creșterii raționale a acestei capacități, se face pe baza analizei condițiilor tehnico-economice pentru fiecare exploatare minieră în parte, respectiv pentru fiecare orizont principal.

Principalii factori de influență tehnico-minieri utilizați în vederea stabilirii eficienței economice a transportului pe cale ferată, respectiv a celui cu transportoare cu bandă:

**a** — lungimea și tipul schemei de transport utilizate;

**b** — producția ce trebuie vehiculată pe orizontul principal de transport, în tone/an;

**c** — producția și numărul punctelor de încărcare, în tone/an;

**d** — organizarea lucrărilor de încărcare și descărcare și tipul instalațiilor utilizate;

**e** — tipul lucrărilor miniere și al susținerii;

**f** — durata de serviciu estimată a orizontului principal de transport;

**g** — tipul de locomotive.

Luînd în considerare acești factori de influență și, în principal, lungimea de transport și producția care trebuie vehiculată, pe baza unui calcul economic, funcție de prețurile de cost pe tona de util transportat, s-au stabilit domeniile economice ale celor două sisteme de transport, la minele din bazinul Valea Jiului, în urma unui studiu [3] efectuat la I.C.I.T.P.M.H. Petroșani, rezultatele fiind redate în graficul din figura 1.

Tendința modernă pe plan mondial este de a folosi vagonete de capacitate tot mai mare, conform tabelului 1 [1], raționea acestei tendințe fiind motivată de faptul că utilizarea acestora are ca efect creșterea capacității sistemului de transport, în paralel cu micșorarea numărului de garnituri în mișcare, reducerea parcului de vagonete și locomotive de mină, îmbunătățirea condițiilor de exploatare și reducerea cheltuielilor de fabricație, reparare și întreținere a parcului de vagonete.

*Tabelul 1*

| Producția anuală a minei, mil. tone/an | Încărcarea utilă a vagonetului, tone | Masa locomotivei, tone |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,5—3 | 7—8 |
| 0,5—1 | 2—5 | 10 |
| 1—3 | 4—10 | 14 |
| peste 3 | peste 10 | 18 |

* Valorile numerice minime corespund rocilor ușoare (cărbune), iar valorile maxime corespund rocilor grele (minereuri grele).

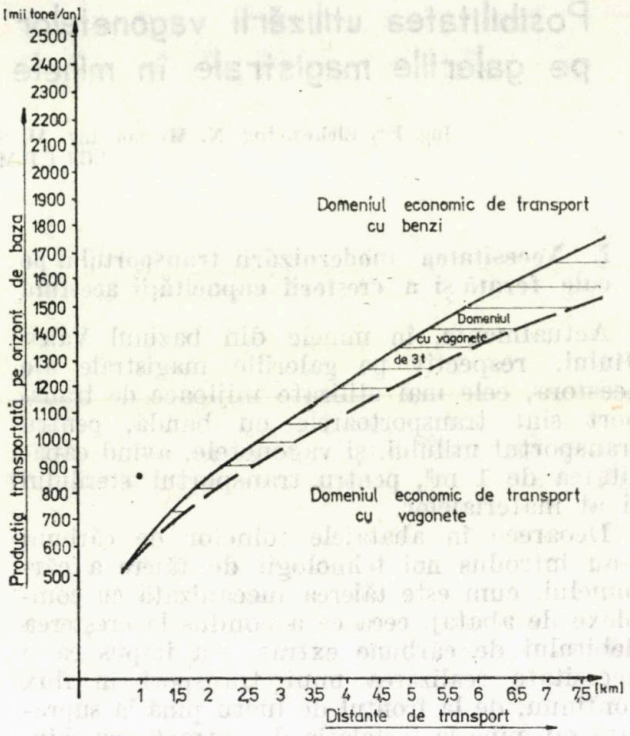



Fig. 1. Grafic privind stabilirea mijloacelor de transport economic în subteranul minelor din bazinul Valea Jiului.

Obținerea unor indici superiori la transportul pe cale ferată depinde, în foarte mare măsură, de alegerea corespunzătoare a construcției și capacității vagonetelor, alegere ce se face ținîndu-se seama de suma tuturor cheltuielilor de investiții, cît și a celor de exploatare a lor.

Conform normativelor CAER, se recomandă următoarea gamă de capacități: 0,7; 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,5; 8 m³.

În U.R.S.S. vagonetele cu capacitate sub 2 m³ reprezintă mai puțin de jumătate din cantitatea totală a parcului de vagonete, iar în R.F. Germania este interzisă folosirea vagonetelor cu capacitate sub 1,6 m³ la noile mine.

Determinarea însă a capacității optime a vagonetului este o problemă foarte complexă din cauza numărului mare de factori care influențează asupra gabaritului și tipului de vagonet.

În literatura de specialitate din străinătate se cunosc o serie de lucrări care se ocupă cu determinarea capacității optime a vagonetului, în funcție de combinarea diferită a condițiilor tehnico-miniere și a instalațiilor de transport. În majoritatea lucrărilor se propune determinarea capacității optime a vagonetului de mină pe baza metodei tehnico-economice.

Din literatura consultată rezultă că cea mai completă metodă pentru determinarea capacității optime a vagonetelor este cea elaborată de institutul Tehnoghiproșaht, pe baza metodologiei profesorului N.A. Malevici.

În lucrarea amintită [4] s-a ţinut seama de complexul factorilor ce determină capacitatea vagonetelor, de condiţiile tehnico-miniere, de domeniile raţionale de utilizare a vagonetelor cu capacitate diferită în funcţie de producţia minei şi a lungimii de transport, de crearea tipurilor noi de vagonete şi de producţia raţională a vagonetelor.

Pentru determinarea cheltuielilor s-a admis transportul cu locomotive electrice şi s-au efectuat calculele economice la diferite combinaţii ale condiţiilor de transport.

Datele principale admise în calcule pentru determinarea cheltuielilor sînt trecute în tabelul 2.

*Tabelul 2*

| Datele iniţiale | Indici admişi în calcule |
|---|---|
| Tipul extracţiei | — cu skip<br>— cu colivie<br>— cu transportoare |
| Schema de transport | — în sectoare cu transportoare<br>— pe orizontul principal transport pe cale ferată |
| Producţia punctelor de încărcare, t/an | — de la 100 000 la 1 000 000 |
| Lungimea de transport, km | — de la 0,5 la 5 |
| Durata de serviciu a orizontului, an | — 10—25 |
| Organizarea lucrărilor de încărcare-descărcare | — încărcarea mecanizată în punctele din staţiile de încărcare<br>— descărcarea vagonetului cu cutie fixă prin complex de culbutare, iar a vagonetului tip Gramby sau a vagonetului cu descărcare pe la fund prin împingerea vagonetului deasupra silozului |
| Tipul lucrărilor miniere şi susţinerea | — galerii simple şi duble armate cu: elemente metalice, prefabricate din beton armat, beton monolit |
| Tipul locomotivelor | — locomotive electrice cu troleu<br>— locomotive Diesel<br>— locomotive electrice cu acumulatori |

Pentru determinarea costului specific al transportului, s-au însumat următoarele cheltuieli:

— costul şi întreţinerea parcului de locomotive electrice cu troleu;

— retribuţiile directe şi indirecte ale brigăzilor de întreţinere a locomotivelor;

— costul şi cheltuielile pentru întreţinerea parcului de vagonete;

— costul de săpare, armare şi întreţinere a lucrărilor miniere folosite la transport;

— costul de săpare, armare şi întreţinere a încrucişărilor şi ramificaţiilor din traseul de transport;

— costul şi întreţinerea staţiilor de încărcare şi descărcare a vagonetelor.

Calculele au fost efectuate prin modificarea debitului punctului de încărcare, de la 100 000 pînă la 1 000 000 t/an.

Rezultatele obţinute în urma calculului s-au trasat în graficul din figura 2.

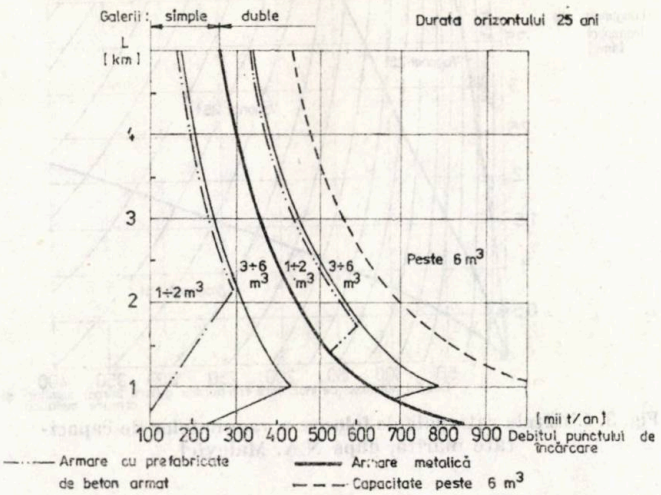



**Fig. 2. Limitele de folosire a vagonetelor, după institutul Tehnoghiproşath.**

O altă lucrare care poate fi luată în considerare pentru determinarea capacităţii optime a vagonetelor în funcţie de producţia punctelor de încărcare şi distanţele de transport este articolul [5] publicat de N.A. Malevici în revista Ugoli.

Calculele sînt bazate pe cercetări teoretice, folosind metoda tehnico-economică de determinare a capacităţii optime a vagonetului în funcţie de cheltuielile minime de transport, acestea efectuîndu-se pentru un caz oarecum particular, deoarece s-au determinat cheltuielile de transport, respectiv capacităţile optime la transportul pe cale ferată în lucrări orizontale duble cu susţinere metalică în roci semitari şi moi, fără a ţine seama de toţi factorii ce influenţează costul transportului.

Rezultatele acestor calcule sînt prezentate sub formă grafică în figura 3.

Din cele arătate — respectiv nomogramele din figurile 2 şi 3 — rezultă corelaţia optimă între debitul punctului de încărcare şi capacitatea optimă a vagonetelor, pentru distanţe de transport cuprinse între 0,5 şi 5 km, prezentată în tabelul 3.

Creşterea capacităţii vagonetelor peste 2 m³ este justificată pentru cazul în care majoritatea punctelor de încărcare au capacităţi mai mari de 200 000 t/an.

*Tabelul 3*

| Capacitatea utilă a vagonetului, $m^3$ | Debitul punctului de încărcare, mii tone/an |
|---|---|
| 1–1,5 | 200 000 |
| 2–3 | 200 000–400 000 |
| 3–6 | 400 000–800 000 |

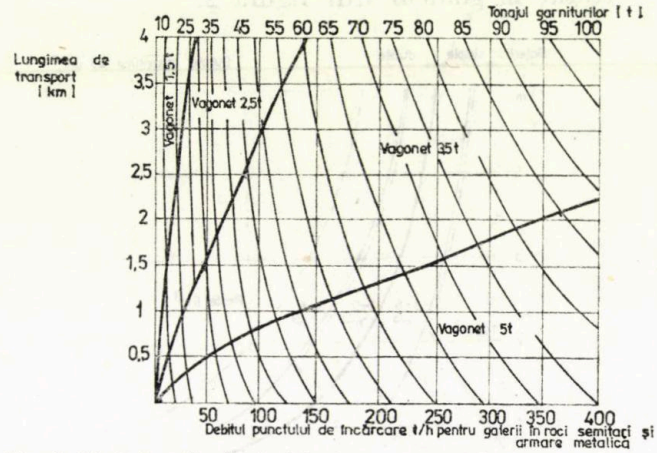



Fig. 3. Limitele raționale de folosire a vagonetelor de capacitate mărită, după N.A. Malevici.

Privitor la concluziile acestor studii, se poate afirma că ele nu se pot aplica direct la minele din bazinul Valea Jiului, fără o analiză a principalilor factori noi ce intervin datorită condițiilor tehnico-miniere specifice; în schimb ele pot oferi o vedere de ansamblu a modului de rezolvare a problemei introducerii vagonetelor de capacitate mărită pe plan mondial.

De asemenea, concluziile acestora oferă o bază de comparații în ceea ce privește alegerea capacității optime a vagonetului de mină cu capacitate mărită.

Pe baza studiilor efectuate [6; 7; 8; 9; 10] privind introducerea transportului pe cale ferată la minele din bazinul Valea Jiului, precum și din analiza succintă a condițiilor tehnico-economice existente și a celor prevăzute în studiile tehnico-economice și în proiectele de execuție avizate pentru minele din bazinul Valea Jiului rezultă următoarele.

**1.** Studiile efectuate pentru minele din bazinul Valea Jiului [7; 8; 9] cuprind recomandări privind introducerea transportului pe cale ferată cu vagonete de capacitate mărită la orizonturile principale din minele Paroșeni, Uricani și Lupeni.

**2.** La transportul pe orizonturile principale în funcțiune, care au fost deja echipate cu transportoare cu bandă, nu este oportun a se schimba benzile transportoare și a se introduce transportul pe cale ferată, deoarece acest lucru ar duce la creșterea nejustificată a cheltuielilor de investiție.

Este recomandată introducerea transportului pe cale ferată numai la orizonturile principale noi.

**3.** Este necesar să se studieze, în continuare, soluții care să asigure concentrarea producției în cît mai puține puncte de încărcare și care să aibă debite suficient de mari pentru a rentabiliza transportul pe cale ferată.

## III. Considerații privind parametrii principali ai transportului pe cale ferată cu vagonete de capacitate mărită și metodologia de alegere și calcul al acestora

Metodologia de calcul și alegere a parametrilor principali a sistemului de transport pe cale ferată constă în determinarea:

— capacității optime a vagonetelor de mină și a parcului necesar de vagonete;

— tipului economic de locomotivă de mină și a parcului necesar de locomotive;

— circuitului optim de cale ferată, precum și a structurii și suprastructurii căii ferate;

— tipului optim de stație de încărcare și descărcare.

*Determinarea capacității optime a vagonetului de mină, alegerea tipului constructiv și calculul parcului de vagonete*

**a.** Determinarea capacității optime a vagonetului de mină

Metodologia de determinare și alegere a capacității optime a vagonetelor de mină se face în urma analizei principalilor factori de influență a condițiilor tehnico-miniere concrete, pe baza metodei tehnico-economice, pentru fiecare orizont principal de transport în parte. Aceste metode au fost analizate la punctul II.

● O primă metodă de stabilire a capacității optime a vagonetului este cea recomandată de lucrarea prof. dr. ing. Marian I. [1] conform căreia, stabilirea capacității optime a vagonetului este — în principal — funcție de producția anuală a minei (orizontului) și de cheltuielile de achiziție și întreținere a parcului de vagonete și locomotive, sintetizate în tabelul 1.

● O a doua metodă de determinare a capacității optime a vagonetului este cea bazată pe lucrările prof. N.A. Malevici [4; 5], care ține seama de complexul factorilor ce influențează capacitatea optimă a vagonetului (numărul punctelor de încărcare, lungimea traseului de transport, tipul și susținerea lucrărilor miniere etc.), condițiile tehnico-miniere etc.

Rezultatele obținute în baza acestor lucrări au fost materializate în diagramele limitelor raționale de utilizare a vagonetelor, redate în figurile 2 și 3.

În urma analizei datelor tehnico-miniere şi de transport, aferente unui orizont dat, şi încadrîndu-ne în diagramele limitelor raţionale de utilizare a vagonetelor din figurile 2 şi 3, determinate după metoda prof. M.A. Malevici, rezultă capacitatea optimă a vagonetului de mină.

Indiferent de metodologia utilizată la determinarea capacităţii optime a vagonetului de mină, trebuie să se ţină seama de următoarele cerinţe tehnico-economice :

— producţia programată pentru transport ;

— investiţiile minime pentru realizarea lucrărilor miniere ;

— utilizarea unui parc de vagonete cît mai redus posibil ;

— utilizarea unui parc de locomotive cît mai redus ;

— numărul garniturilor de trenuri în mişcare cît mai redus ;

— cheltuieli pentru întreţinerea şi repararea instalaţiilor de transport cît mai reduse.

**b. Consideraţii privind alegerea tipului constructiv de vagonet de mină**

Unul din factorii cei mai importanţi, care influenţează eficienţa tehnico-economică a sistemului de transport pe cale ferată este tipul constructiv de vagonet de mină. Se poate afirma, fără a greşi, că tipul constructiv şi capacitatea vagonetului influenţează în măsură foarte mare şi ceilalţi parametri ai transportului pe cale ferată.

Pentru obţinerea unor avantaje economice cît mai mari la transportul pe cale ferată, utilizînd vagonete cu capacitate mărită,la alegerea tipului constructiv de vagonet de mină este necesară asigurarea următoarelor cerinţe :

**1** — utilizarea unui vagonet, avînd caracteristici de calitate (coeficientul de tară, coeficientul de utilizare a gabaritului, rezistenţa specifică la mişcare, rezistenţa mecanică şi stabilitatea vagonetului) cît mai ridicate ;

**2** — tipul constructiv de vagonet să permită realizarea următoarelor cerinţe :

— instalaţiile staţiilor de încărcare şi descărcare să fie cît mai simple, constructiv ;

— scurtarea la maximum a timpului necesar încărcării şi descărcării vagonetelor, permiţînd realizarea acestor operaţii din mers, fără a se recurge la alte manevre pentru realizarea încărcării şi descărcării ;

— utilizarea unui sistem de cuplă automat, care să permită cuplarea şi decuplarea automată a vagonetelor atît în staţiile de încărcare şi descărcare, cît şi în celelalte puncte, eliminînd totodată posibilitatea de accidentare ;

**3** — personal de deservire cît mai redus la număr.

În funcţie de ansamblul constructiv, dat în principal de construcţia cutiei, de care depinde şi modul de descărcare a vagonetelor cu capacitate mărită (pînă la 3 $m^3$), utilizate în practică, sînt :

— vagonete cu cutie fixă ;

— vagonete cu cutie autodescărcătoare prin perete lateral, tip Gramby ;

— vagonete cu cutie autodescărcătoare pe la fund.

Întrucît descrierea, din punct de vedere constructiv, a acestor tipuri de vagonete este larg prezentată în lucrările de specialitate [1 ; 2], nu considerăm necesară reluarea acestora în lucrarea prezentă.

Din punctul de vedere al avantajelor şi dezavantajelor pe care le prezintă la utilizare, este evident faptul că tipul de vagonet cu cutie autodescărcătoare pe la fund este cel mai avantajos.

În tabelul 4 se prezintă principalele caracteristici tehnice ale unor vagonete avînd capacitatea între 2,5 şi 3,5 $m^3$ ale unor firme străine. De asemenea în figura 4 este prezentată o propunere de vagonet tip VDF 2,8 $m^3$ cu descărcare pe la fund, avînd caracteristicile tehnice în tabelul 4.

*Tabelul 4*

| Tipul vagonetului şi ţara producătoare | VD 3,3 | VDK 2,5 | OK 3,0 | VDF 2,8 |
|---|---|---|---|---|
| Caracteristici | U.R.S.S. | U.R.S.S. | Suedia | Propus R.S.R. |
| Modul de descărcare | Desc. la fund | Desc. la fund | Desc. la fund | Desc. la fund |
| Capacitatea vagonetului, $m^3$ | 3,3 | 2,5 | 3,0 | 2,8 |
| Ecartamentul, mm | 900 | 900 | 600<br>750 | 630<br>750 |
| Ampatamentul, mm | 1 100 | 1 250 | 1 200 | 1 200 |
| Diametrul roţilor, mm | 350 | 350 | 350 | 350 |
| Tipul dispozitivului de cuplare | automat bilateral | automat bilateral | tip Wilson | automat manual |
| Lungime, mm | 3 575 | 2 900 | 3 320 | 3 200 |
| Lăţime, mm | 1 350 | 1 240 | 1 380 | 1 260 |
| Înălţime, mm | 1 400 | 1 400 | 1 390 | 1 400 |
| Greutate, kg | 1 710 | 1 360 | 2 100 | 1 850 |

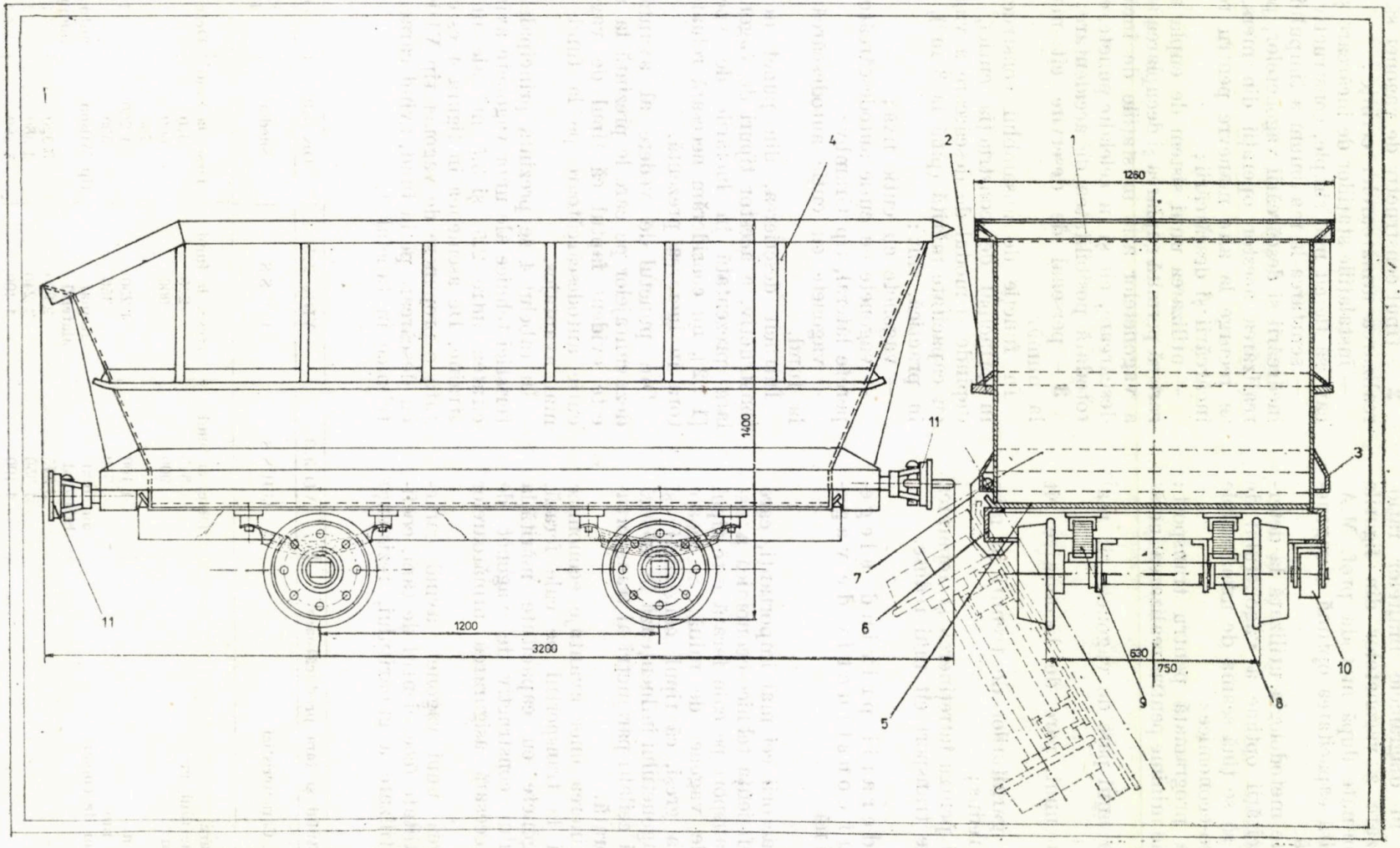



Fig. 4. Vagonet cu cutie autodescărcătoare pe la fund VDF 2,8 m³ : *1* — cutie; *2* — borduri; *3* — ramă chesonată; *4* — nervuraj; *5* — fundul vagonetului; *6* — rama fundului vagonetului; *7* — articulație cu rulmenți; *8* — tren de roți; *9* — suspensie; *10* — rolă de ghidare; *11* — cuplă.

## IV. Cerințe tehnice și propuneri privind asigurarea condițiilor necesare introducerii transportului cu vagonete de capacitate mărită

### 1. *Cerințe tehnice privind schema circuitului de cale ferată și lucrările miniere aferente acestuia*

Realizarea unui transport optim pe cale ferată, cu vagonete de capacitate mărită (de pînă la 3 $m^3$) la orizonturile de bază presupune o foarte atentă analiză a schemei circuitului de transport, funcție de configurația lucrărilor miniere și de producția necesară a fi transportată.

În practică sînt utilizate — în principal — două mari tipuri de scheme de transport :

— scheme de transport cu manevre în fund de sac (fig. 5 *a* și *b*);

— scheme de transport inelare (fig. 5 *c* și *d*).

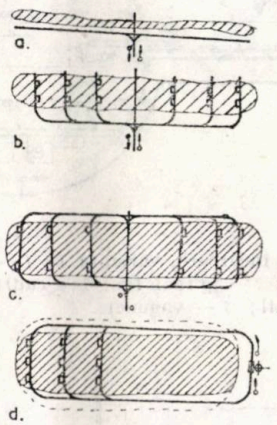



Fig. 5. Scheme principale de transport pe cale ferată : *a* — cu manevre în fund de sac ; *b* — cu ramificații și manevre în fund de sac ; *c* și *d* — inelare.

Schemele de transport cu manevre în fund de sac conduc la o lungime totală mai mică a galeriilor, față de schemele inelare, în schimb necesită manevre suplimentare în punctele de încărcare, ceea ce reduce capacitatea de încărcare și transport a întregului sistem. În acest caz, pentru a reduce manevrele în punctele de încărcare se recomandă ca racordarea ramificațiilor cu galeria direcțională să se facă în triunghi și, dacă este cazul, trenul să fie prevăzut cu cîte o locomotivă la ambele capete.

Utilizarea vagonetelor cu descărcare pe la fund, fără a dezmembra garnitura și fără decuplarea locomotivei, cu o schemă de transport inelară sau cu bucle, elimină manevrele, simplifică circulația și permite mecanizarea punctelor de încărcare și tehnologia de descărcare.

Alegerea schemei de transport pentru un caz dat trebuie să se facă pe baza analizei comparative a mai multor variante, în final alegîndu-se varianta optimă din punct de vedere tehnico-economic.

Lucrările miniere ale acestor circuite trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— profilul liber al secțiunii galeriilor trebuie să fie suficient de mare pentru a nu stînjeni circulația. Se recomandă ca pentru galeriile de transport cu cale ferată dublă, pe porțiunile drepte, raza minimă să fie de 2 400 mm, iar susținerea galeriilor pe aceste porțiuni poate fi făcută cu arce metalice sau prin betonare ;

— intersecțiile galeriilor, zonele din curbe și cu macazuri se vor betona, mărindu-se în aceste zone — dacă este necesar — profilul liber al secțiunii ;

— se betonează toate lucrările miniere aferente zonei punctelor de încărcare și de descărcare, precum și garajului subteran pentru reparația vagonetelor și locomotivelor.

Mărimea rampelor va fi funcție de modul de amplasare și gabaritul utilajelor aferente.

### 2. *Cerințe tehnice privind amenajarea suprastructurii circuitului de cale ferată*

Atît infrastructura, cît și suprastructura căii ferate sînt pe larg analizate în lucrările de specialitate [1 ; 2] și, de aceea — în continuare — se vor prezenta numai aspectele legate de transportul cu vagonete de capacitate mărită.

Avînd în vedere acest lucru, pentru asigurarea unei infrastructuri optime a căii ferate și pentru amenajarea vetrei este necesar să se respecte următoarele :

**a** — pentru a permite scurgerea apei către canal în condiții optime, este necesar ca vatra galeriei să prezinte o înclinare transversală de $1 \div 2\%$ ;

**b** — declivitatea longitudinală medie a galeriei trebuie să fie egală cu declivitatea de egală rezistență.

Din analizele făcute în lucrările de specialitate [1 ; 2], precum și din experiența țărilor cu industrie minieră dezvoltată în care se utilizează transportul cu vagonete de capacitate mărită pe galeriile magistrale, rezultă următoarele cerințe privind asigurarea unei suprastructuri optime a circuitului de cale ferată :

- utilizarea pentru calea de rulare a șinelor de tip greu, de 24 sau 33 kg/m ;
- utilizarea traverselor din beton pretensionat, iar, în punctele importante și la schimbătoarele de cale cu macaz, a traverselor din lemn de esență tare impregnate ;
- utilizarea legăturilor gen tirfon sau prin șurub cu piuliță pentru fixarea șinelor de traverse ;
- necesitatea de a păstra ecartamentul căii ferate existente și anume de 630 mm la minele în exploatare, iar acolo unde există posibilități să se treacă la 750 sau chiar 900 mm ;
- realizarea supralărgirii ecartamentului și a supraînălțării șinei exterioare în zonele din curbe ;

• utilizarea la curbele circuitului de transport a unei raze de minimum 9 ori ampatamentul locomotivei;

• utilizarea schimbătoarelor de cale și a macazelor acționate electromecanic (automate).

Avînd în vedere aceste cerințe, se impune mecanizarea lucrărilor de montaj și întreținere a liniilor de cale ferată, prin utilizarea de platforme de montaj al tronsoanelor de cale ferată premontate în atelierul de reparații din subteran. Este, de asemenea, necesară adaptarea, prin reproiectare a sculelor și dispozitivelor de mică mecanizare utilizate la montarea, demontarea și întreținerea căilor ferate normale, ținînd seama de condițiile căii ferate din subteran.

3. *Cerințe tehnice și propuneri privind amenajarea stațiilor din punctele de încărcare și descărcare*

Majoritatea întreruperilor transportului în subteran, care conduc la oprirea lucrului în abataje, au loc datorită alegerii incorecte a numărului și parametrilor stațiilor de încărcare și descărcare, unde este ocupat aproape jumătate din personalul de deservire a acestor stații.

În aceste stații se realizează legătura între diferitele sisteme de transport, iar silozurile acestora îndeplinesc și rolul de rezervor tampon, preluînd neuniformitățile de debit ale fluxului de producție-transport.

Indiferent de varianta de circuit aleasă, pentru realizarea unui transport optim și eficient, este — fără echivoc — necesară asigurarea următoarelor cerințe privind stațiile de încărcare și descărcare a utilului:

— numărul stațiilor de încărcare și descărcare să fie cît mai mic posibil;

— distanțele de transport atît între punctele de încărcare, cît și față de punctul de descărcare să fie suficient de mare (în nici un caz sub 500 m);

— rampele punctelor de încărcare și descărcare să fie betonate, configurația și mărimea lucrării miniere depinzînd de instalația de încărcare sau descărcare aleasă și tipul silozului adoptat. Alegerea tipului de siloz se face în funcție de destinația stației și de capacitatea necesară a acestuia, și anume:

• pentru stațiile de încărcare este indicată utilizarea silozului de tip vertical;

• pentru stațiile de descărcare este indicată utilizarea atît a silozului vertical, cît și a celui orizontal cu mai multe guri de vărsare;

• mecanizarea completă a punctelor de încărcare și descărcare;

• utilizarea unui sistem de control și supraveghere a punctelor de încărcare și descărcare.

Se prezintă în continuare mai multe variante de stații de încărcare și descărcare.

Stațiile din punctele de încărcare ce deservesc orizonturile principale sînt funcție de capacitatea și tipul silozului tampon adoptat, de amplasarea acestuia și modul de încărcare din silozul tampon în vagonet.

Modul de amplasare a silozului în punctele de încărcare, precum și a instalației de încărcare depinde de soluția adoptată privind încărcarea.

În figurile 6 și 7 sînt prezentate două variante de soluții propuse pentru încărcarea utilului în vagonete.

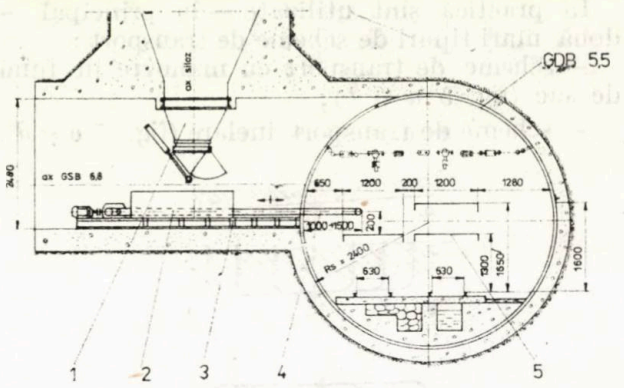



Fig. 6. Punct de încărcare, varianta I: *1* — gură siloz acționată pneumatic; *2* — jgheab fix; *3* — cadru de fixare; *4* — transportor mobil; *5* — vagonet.

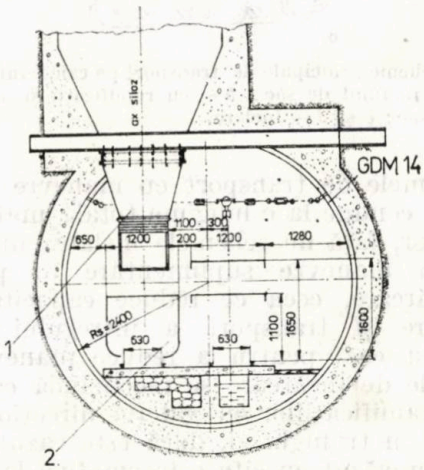



Fig. 7. Punct de încărcare, varianta II: *1* — gură de siloz acționată pneumatic; *2* — vagonet.

În cazul acționării garniturii de vagonete cu locomotive cu troleu, în varianta din figura 6, este necesară devierea liniei de contact, în porțiunea din apropierea gurii de vărsare a silozului, iar tractarea garniturii în perioada încărcării se face în acest caz cu ajutorul unui troleu de manevră sau cu cablu, de către o locomotivă de pe o linie paralelă cu cea pe care se află garnitura.

Varianta a doua (fig. 7) prezintă avantajul simplificării mult a manevrelor necesare încărcării vagonetelor.

Aceasta nu necesită devierea liniei electrice de contact în cazul acționării cu locomotive electrice cu troleu a garniturii și a legăturii de trecere a căii ferate de pe o cale pe alta, în zona punctelor de vărsare, motiv pentru care este preferabilă.

Stațiile din punctele de descărcare a utilului sînt funcție de mai mulți factori :

— capacitatea și dimensiunile de gabarit ale vagonetului :

— modul de descărcare a vagonetului;

— tipul silozului adoptat;

— modul de golire a silozului.

Dintre acești factori, cel mai important este tipul constructiv al vagonetului, în funcție de care sînt prezentate trei variante de stații de descărcare.

**Varianta I** — stație de descărcare pentru vagonete de capacitate mărită de pînă la 3 m³, cu cutie fixă și prevăzută cu instalație de culbutare (fig. 8).

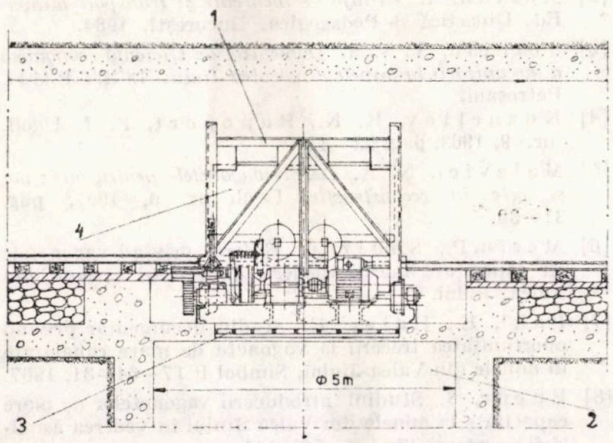



Fig. 8. Stație de descărcare, varianta I : *1*— culbutor pentru vagonete de capacitate mărită; *2* — siloz vertical Ø 5 m; *3* — grătar; *4* — vagonet.

Dezavantajele principale ale acestei variante constau în faptul că, pentru descărcarea vagonetelor, stația de descărcare necesită o instalație de culbutare cu dimensiuni de gabarit mari, iar timpul necesar descărcării unei garnituri de vagonete este relativ mare. La această variantă este recomandată utilizarea silozurilor de tip vertical.

**Varianta II** — stație de descărcare pentru vagonete de capacitate mărită cu cutie autodescărcătoare prin perete lateral, tip Gramby, (fig. 9).

Vagonetele tip Gramby sînt dirijate deasupra silozului, în stația de descărcare care, datorită dispozitivelor cu care este prevăzută instalația stației, sînt descărcate fără desfacerea cuplelor dintre vagonete.

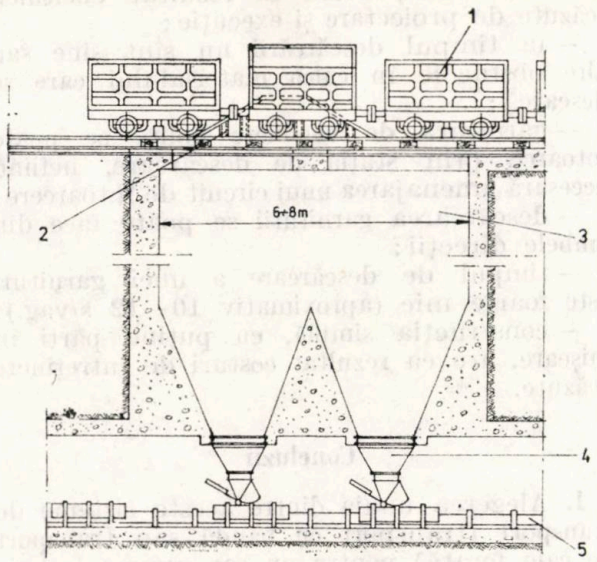



Fig. 9. Stație de descărcare, varianta a II-a : *1* — vagonet Gramby; *2* — instalație de descărcare; *3* — siloz *4* — gură de siloz; *5* — transportor.

Această variantă are marele avantaj al scurtării la minim a timpului de descărcare

Acest tip de stații de descărcare este utilizat la noi în țară la minele de minereuri, fiind necesară reproiectarea în cazul utilizării acestui tip de vagonet, pentru condițiile din minele bazinului Valea Jiului.

**Varianta III** — stație de descărcare pentru vagonete de capacitate mărită cu descărcare pe la fund.

În figura 10 este prezentată o stație de descărcare a vagonetelor cu descărcare pe la fund, tip VDF — 2,8 m³.

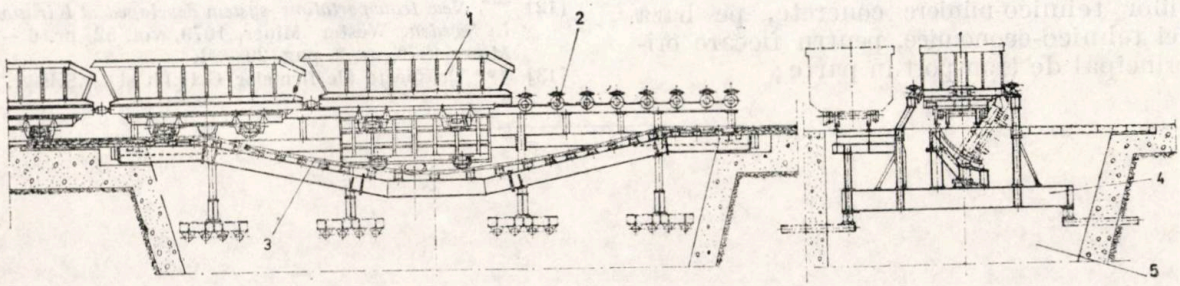



Fig. 10. Stație de descărcare, varianta a III-a : *1* — vagonet de descărcare pe la fund; *2* — role de susținere; *3* — calea de rulare a fundului vagonetului; *4* — structura de rezistență a căii de rulare; *5* — siloz.

Aceste vagonete, pe laturile laterale, sînt prevăzute cu cîte o traversă suport, care permite ca vagonetul să se reazeme pe rolele suport din stația de descărcare.

Vagonetele, prin intermediul locomotivei, sînt dirijate în stația de descărcare, deasupra silozului, unde sînt descărcate, fără desfacerea cuplelor dintre vagonete.

Acest tip de stație de descărcare este recomandat pentru utilizare, datorită următoarelor avantaje:

— lungimea și adîncimea stației de descărcare sînt mici, avînd ca rezultat cheltuieli scăzute de proiectare și execuție;

— în timpul descărcării nu sînt șine sau alte obstacole în calea materialului care se descarcă;

— garnitura de vagonete golite se poate întoarce prin stația de descărcare, nefiind necesară amenajarea unui circuit de întoarcere;

— descărcarea garniturii se poate face din ambele direcții;

— timpul de descărcare a unei garnituri este foarte mic (aproximativ 10—12 s/vag.);

— construcția simplă, cu puține părți în mișcare, are ca rezultat costuri de întreținere scăzute.

## Concluzii

**1.** Alegerea unuia dintre aceste sisteme de transport (transport cu bandă sau transport pe cale ferată) pentru un caz anume trebuie să se facă, în urma analizei comparative a prețului de cost pe tona de util transportată cu fiecare dintre aceste sisteme de transport în parte, funcție de principalii factori de influență tehnico-economici și minieri ce intervin.

**2.** În cazul efectuării transportului pe cale ferată, și în special al celui cu vagonete cu capacitate mărită, este indicat să se țină seama de următoarele:

**a)** în situația actuală a minelor din bazinul Valea Jiului transportul pe cale ferată cu vagonete de capacitate mărită se justifică, din punct de vedere tehnico-economic, a fi introdus la orizonturile principale noi;

**b)** alegerea capacității optime a vagonetului de mină trebuie să fie făcută în urma analizei principalilor factori de influență a condițiilor tehnico-miniere concrete, pe baza metodei tehnico-economice, pentru fiecare orizont principal de transport în parte;

**c)** din punct de vedere constructiv, tipul cel mai avantajos de vagonet de mină este cel cu descărcare pe la fund, deoarece permite:

— încărcarea și descărcarea vagonetelor din mers și în flux continuu, diminuînd mult din caracterul discontinuu al acestui sistem de transport;

— utilizarea unor stații de încărcare și descărcare simple din punct de vedere constructiv;

— reducerea la minimum a timpilor necesari pentru încărcarea și descărcarea vagonetelor;

**d)** necesitatea îmbunătățirii schemelor tehnologice de transport, introducerii dispecerizării și automatizării și urmăririi întregului flux de transport prin televiziune cu circuit închis;

**e)** necesitatea mecanizării integrale a lucrărilor de montaj și întreținere a liniilor de cale ferată din subteran.

### Bibliografie


[1] Marian, I. *Mecanizarea transportului minier în subteran.* Ed. Tehnică, București, 1984.

[2] Marian, I. *Utilaje de încărcare și transport minier.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1984.

[3] Stanciu, V. ș. a. *Domeniile de eficiență economică a mecanizării la minele din Valea Jiului.* I.C.I.T.P.M.H. Petroșani,

[4] Kuzneț i o v, K. K., Rapoport, P. I. Ugoli, nr. 9, 1963, pag. 33—41.

[5] Malevici, N. A. *Despre vagonetele pentru mine noi și cele în reconstrucție.* Ugoli nr. 6, 1957, pag. 31—39.

[6] Merfu, P., Shulz, A. Referat privind vagonetele cu capacitate mărită pentru minele de cărbuni din Valea Jiului.

[7] Paki, E., Haier, E. Studiu documentar privind oportunitatea trecerii la vagonete de mare capacitate în minele din Valea Jiului, Simbol P 17—64—31, 1967.

[8] Bucur, S. Studiul introducerii vagonetelor de mare capacitate la minele din Valea Jiului în vederea asimilării acestora. Simbol: 50—141.

[9] Elekeș, F., Liciu, M., Stanciu, A. Studiu privind posibilitățile de introducere a transportului cu vagonete de 3 m³, oriz. 300, I.M. Uricani, Simbol 45—145 și 45—150, I.C.I.T.P.M.H. Petroșani.

[10] Fauser, H. *Comparație din punct de vedere energetic și tehnic între vagonetele de 1 000 și 3 000 l capacitate.* Glückauf, nr. 18, 1961.

[11] Bratcenko B. F. ș. a. *Rudnicinîi transport i mehanizațiia vspomogatelnîh rabot.* Moskva, Nedra, 1978.

[12] *** *New transportation system developed at Kiruna mine în Sweden.* Wester Miner, 1979, vol. 52, nr. 6 — Coal Miner 1979, nr. 2, pag. 29—34.

[13] *** Prospecte ale firmelor G.H.H. și A.S.E.A.

# Îmbunătățirea stabilității haldelor prin scarificarea rocilor din fundament

Ing. **D. Fotă**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

Îmbunătățirea rezistenței contactului fundament-haldă se obține prin scarificarea parțială a rocilor din fundament.

Procedeul se bazează pe reducerea mărimii suprafeței de minimă rezistență, constituită din contactul dintre haldă și fundament prin săparea în acesta a unor șanțuri sau trepte executate transversal pe linia de cea mai mare pantă a versantului. Dar, pentru a putea fi posibilă scarificarea, condiția esențială este ca :

$$\operatorname{tg}\varphi_f > \operatorname{tg}\varphi' > \operatorname{tg}\varphi_h,$$

în care :

$\varphi_f$ este unghiul de frecare internă a rocilor din fundament ;

$\varphi_h$ — unghiul de frecare internă a rocilor din haldă ;

$\varphi'$ — unghiul de frecare a rocilor din haldă pe fundament.

Întreruperea continuității suprafeței de contact haldă-fundament face ca suprafața potențială de alunecare să treacă numai parțial prin contact, restul străbătînd roca din fundamentul scarificat sau din materialul din haldă pătruns în lucrările de scarificare.

Proiectarea lucrărilor de scarificare a unei viitoare halde se face numai pe baza calculelor de verificare a stabilității acesteia. Atunci cînd din calculele de verificare a gradului de stabilitate a haldei pe fundament rezultă că aceasta va aluneca, din raportul care definește coeficientul de stabilitate pentru această situație și căruia i se dă o valoare supraunitară (pentru stabilitate îndelungată $F_s = 1{,}3$) se obține mărimea coeficientului de frecare necesar ($\operatorname{tg}\varphi_{nec}$) pentru evitarea alunecării pe suprafața care reprezintă contactul haldă-fundament.

Avînd în vedere caracteristicile morfologice ale perimetrelor afectate depunerii sterilului care rezultă din excavațiile miniere, fundamentele de haldă pot fi :

— orizontale sau cu înclinări pînă la 10° ;

— versanți cu pantă mică și aproximativ constantă, cu unghiul de înclinare mai mic de 20° ;

— versanți cu pante mai mari de 20° ;

— versanți caracterizați printr-o pantă mică la bază, care crește și depășește 20° la partea superioară.

● În primul caz, problema alunecării haldei pe fundament nu se pune decît acolo unde există o pantă de 6—10°, concordantă cu aceea a taluzului și unde contactul se face între un fundament constituit din cărbune sau argilă cărbunoasă și o rocă argiloasă cu consistență redusă, condiții care se pot întîlni numai în cazul haldelor din interiorul carierelor.

● În al doilea caz, linia de rupere (alunecare) trece prin suprafața de contact haldă-fundament și continuă prin masa haldei pînă la suprafață.

● În al treilea caz, linia de alunecare urmărește contactul haldă-fundament, începînd de la baza haldei, pînă la platforma superioară a acesteia. Pentru a asigura stabilitatea unor astfel de halde în timpul formării, haldarea sterilului trebuie să se facă ascendent, în trepte depuse succesiv. În cazul rocilor tari, astfel de fundamente sînt utilizate pentru transportul gravitațional al sterilului de pe platforma superioară spre baza perimetrului de haldare, fenomenul de alunecare fiind pus aici să înlocuiască costisitoarele lucrări de amenajare și transport.

● În al patrulea caz, suprafața de alunecare poate fi constituită, în întregime, de contactul haldă-fundament (caz în care poate aluneca toată halda) sau de contactul situat la partea inferioară a haldei sub zona de reazem a acesteia, continuat cu o linie de rupere aproximativ circulară, ce se formează în masa de roci haldate sub influența componentei tangențiale a greutății coloanei de roci (caz în care alunecarea poate fi numai parțială).

Din cele patru tipuri de fundament, scarificarea poate fi aplicată numai în cazul ultimelor trei. Necesarul de fundament scarificat se exprimă procentual cu ajutorul coeficientului de scarificare $K$ :

$$K = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{nec} - \operatorname{tg}\varphi'}{\operatorname{tg}\varphi_s - \operatorname{tg}\varphi'} 100,$$

în care :

$\operatorname{tg}\varphi_s$ este coeficientul de frecare al sectoarelor scarificate.

În cazul în care $\varphi_{nec} \leqslant \varphi'$, coeficientul $K = 0$.

Coeficientul de frecare al sectoarelor scarificate este egal cu mărimea raportului :

$$\operatorname{tg}\varphi_s = \frac{l_h \operatorname{tg}\varphi_h + l_f \operatorname{tg}\varphi_f}{l_h + l_f},$$

în cazul desființării complete prin scarificare a contactului inițial haldă-fundament (fig. 1 ; 3 și 6) sau :

$$\operatorname{tg}\varphi_s = \frac{l_h \operatorname{tg}\varphi_h + l' \operatorname{tg}\varphi'}{l_h + l'},$$

în cazul scarificării parțiale (fig. 2 ; 4 ; 5 ; 7 și 8), lungimea diferitelor elemente din suprafața de alunecare notîndu-se cu $l_h$, cînd trece prin haldă, cu $l_f$, cînd trece prin fundament, și cu $l'$, cînd trece prin contactul inițial.

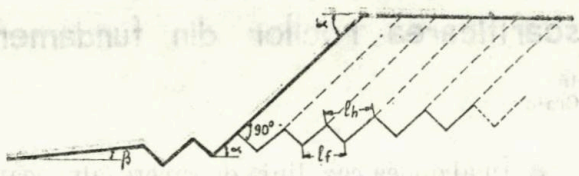



Fig. 1

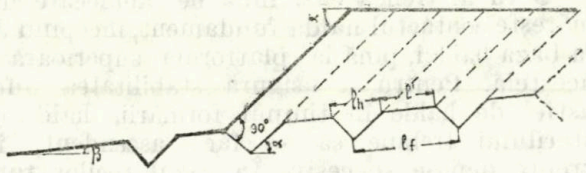



Fig. 2

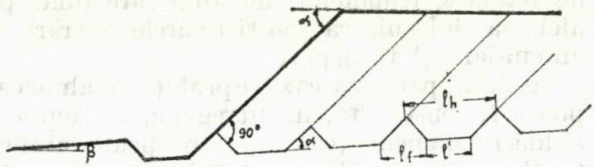



Fig. 3

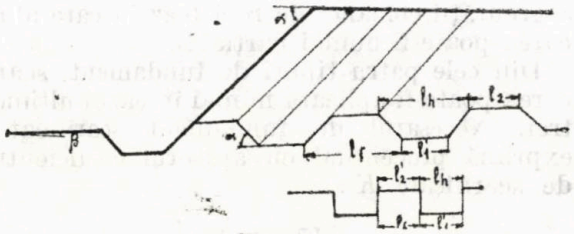



Fig. 4

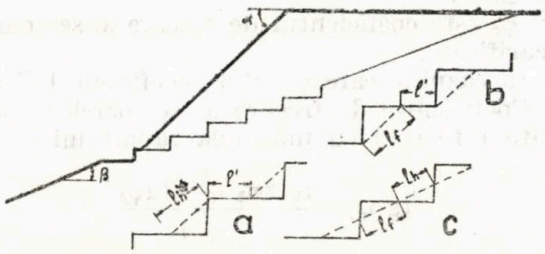



Fig. 5

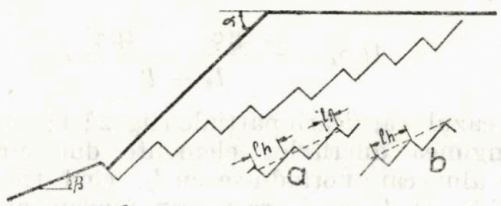



Fig. 6

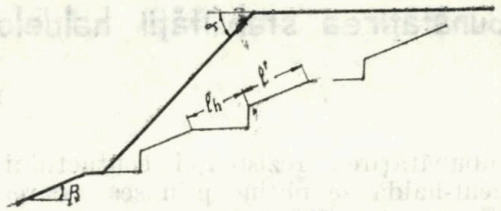



Fig. 7

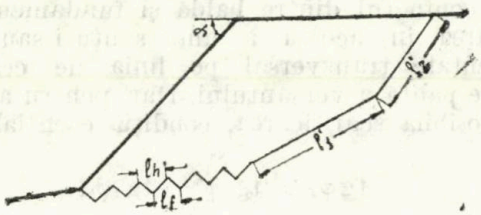



Fig. 8

Pe întreaga suprafaţă de alunecare $L$, coeficientul de frecare este egal cu :

$$\operatorname{tg}\varphi_s = \frac{\Sigma l_h \operatorname{tg}\varphi_h + (L - \Sigma l_h)\operatorname{tg}\varphi_f}{L},$$

pentru $\varphi_f < \varphi_h$ şi cu :

$$\operatorname{tg}\varphi_s = \frac{\Sigma l_f \operatorname{tg}\varphi_f + (L - \Sigma l_f)\operatorname{tg}\varphi_h}{L},$$

pentru $\varphi_f > \varphi_h$.

Lungimea de fundament scarificat (măsura pe linia de cea mai mare pantă) rezultă din relaţia :

$$\Sigma l_h = L\frac{\operatorname{tg}\varphi_s - \operatorname{tg}\varphi_f}{\operatorname{tg}\varphi_h - \operatorname{tg}\varphi_f}, \quad \text{pentru} \quad \varphi_h > \varphi_f > \varphi'$$

şi :

$$\Sigma l_f = L\frac{\operatorname{tg}\varphi_s - \operatorname{tg}\varphi_h}{\operatorname{tg}\varphi_f - \operatorname{tg}\varphi_h}, \quad \text{pentru} \quad \varphi_f > \varphi_h > \varphi'.$$

În cazul haldării rocilor tari, pe un fundament direct alcătuit din roci moi, nu poate fi vorba de alunecare pe contactul haldă-fundament, deoarece sub greutatea coloanei de roci din haldă bolovanii alcătuiţi din rocile tari depuse sînt îndesaţi în masa de roci moi, căreia îi îmbunătăţeşte — pe o anumită grosime — coeficientul de frecare internă.

Între coeficientul de frecare al sectoarelor scarificate ($\operatorname{tg}\varphi_s$) şi coeficientul de frecare necesar pentru păstrarea stabilităţii ($\operatorname{tg}\varphi_{nec}$) trebuie respectată întotdeauna condiţia :

$$\operatorname{tg}\varphi_s > \operatorname{tg}\varphi_{nec} > \operatorname{tg}\varphi'.$$

Alegerea uneia sau alteia dintre geometriile prezentate în figurile 1—8 se face în funcţie

de condițiile următoare :

| Figura | Condiții | Fundament obligatoriu |
|---|---|---|
| 1 | $\varphi' < \beta < 20°$<br>$\varphi_h \leqslant \varphi_f$<br>$\varphi_h > \varphi' < \varphi_f$ | — |
| 2 | $\beta < 20°$<br>$\varphi_h > \varphi_f > \varphi'$ sau $\varphi_f > \varphi_h > \varphi'$ | — |
| 3 | $\beta < 20°$<br>$\varphi_f > \varphi_h > \varphi' < 10°$ | Roci tari |
| 4 | $\beta < 20°$<br>$\varphi_f > \varphi_h > \varphi'$ | — |
| 5 | $\beta < \varphi_h$<br>$\varphi_f > \varphi_h > \varphi'$ | Roci tari |
| 6 | $20° < \beta < \varphi_h$<br>$\varphi_f > \varphi_h > \varphi'$ | Roci tari |
| 7 | $\beta < \psi_h$<br>$\varphi_f > \psi_h > \varphi'$ | Roci tari |
| 8 | $\varphi_f > \varphi_h > \varphi'$ sau $\varphi_h > \varphi_f > \varphi'$ | — |

Unghiul de tăiere a rocilor din haldă este egal cu :

$$\operatorname{tg}\psi_h = \operatorname{tg}\varphi_h + \frac{c}{\gamma H}.$$

Același unghi se poate determina mai operativ și cu relația :

$$\psi_h = \varphi_h + \varphi_c \quad \text{(grade)},$$

în care :

$$\varphi_c = \frac{30\,c}{H} - \frac{1{,}45\,c}{100}, \quad \text{pentru roci moi;}$$

$$\varphi_c = \frac{20c}{H} - \frac{1{,}3c}{100}, \quad \text{pentru roci tari.}$$

$c$ este coeziunea rocilor haldate, t/m²;

$\gamma$ — greutatea volumetrică a rocilor haldate, t/m³;

$H$ — înălțimea coloanei de roci din haldă, deasupra sectorului din fundamentul analizat, m.

Întrucît pentru stabilirea dimensiunilor și intensității lucrărilor de scarificare sînt necesare o serie de calcule, în cele ce urmează prezentăm o metodologie mai operativă de lucru.

În cazul lucrărilor de scarificare parțială, adică pentru situațiile în care la baza haldei va rămîne și după executarea acestor lucrări o parte din suprafața de contact haldă-fundament, recomandăm utilizarea nomogramelor din figurile 9–13, întocmite pentru valori ale lui $\varphi_h$ cuprinse între 16 și 25° și $\varphi' < \varphi_h$.

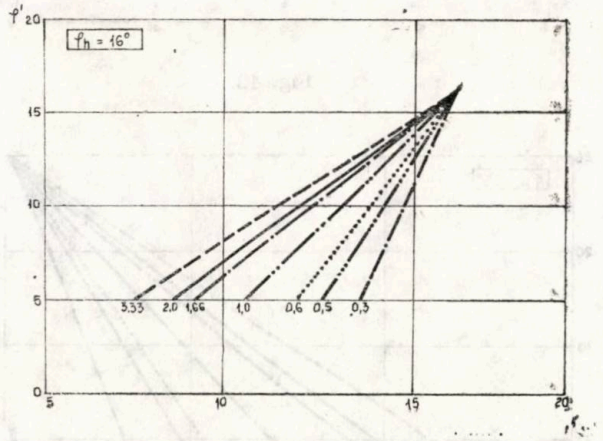



Fig. 9

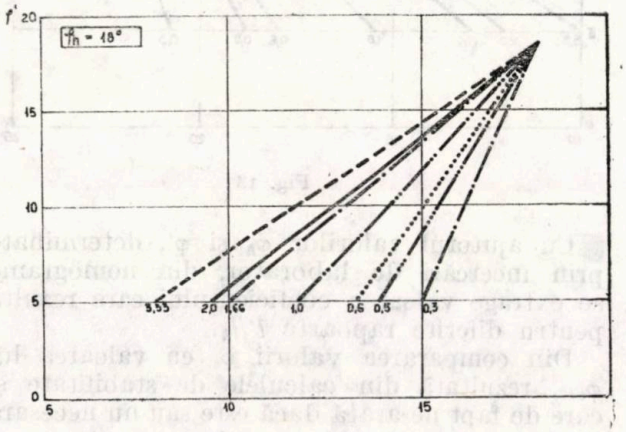



Fig. 10

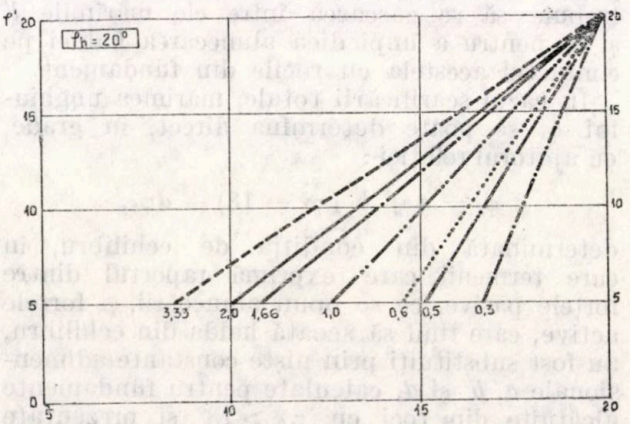



Fig. 11

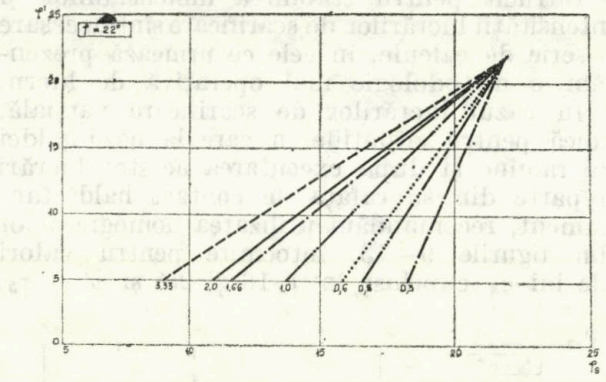


Fig. 12

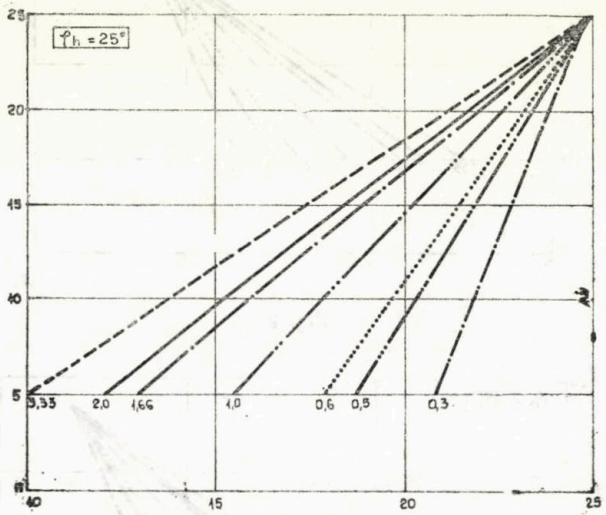


Fig. 13

Cu ajutorul valorilor $\varphi_h$ și $\varphi'$, determinate prin încercări de laborator, din nomograme se extrage valoarea coeficientului care rezultă pentru diferite rapoarte $l'/l_h$.

Din compararea valorii $\varphi_s$ cu valoarea lui $\varphi_{nec}$, rezultată din calculele de stabilitate și care de fapt ne arată dacă este sau nu necesară realizarea lucrărilor de scarificare, de pe nomogramă se alege prin tatonări raportul în care trebuie să se găsească între ele mărimile $l'$ și $l_h$ pentru a împiedica alunecarea haldei pe contactul acesteia cu rocile din fundament.

În cazul scarificării totale, mărimea unghiului $\varphi_s$ se poate determina direct, în grade, cu ajutorul relației :

$$\varphi_s = a + b\ (\varphi_f - 18) + d\varphi_h,$$

determinată din condiția de echilibru, în care termenii care exprimă raportul dintre forțele pasive, ce se opun alunecării, și forțele active, care tind să scoată halda din echilibru, au fost substituiți prin niște constante adimensionale $a$, $b$ și $d$, calculate pentru fundamente alcătuite din roci cu $\varphi_f > 18°$ și prezentate în nomogramele din figurile 14—16. La început se alege, în mod arbitrar, un raport $l_f/l_h$ și se calculează mărimea corespunzătoare a lui $\varphi_s$ cu valorile $\varphi_f$ și $\varphi_h$, determinate în laborator. După compararea acestora cu $\varphi_{nec}$ se mărește

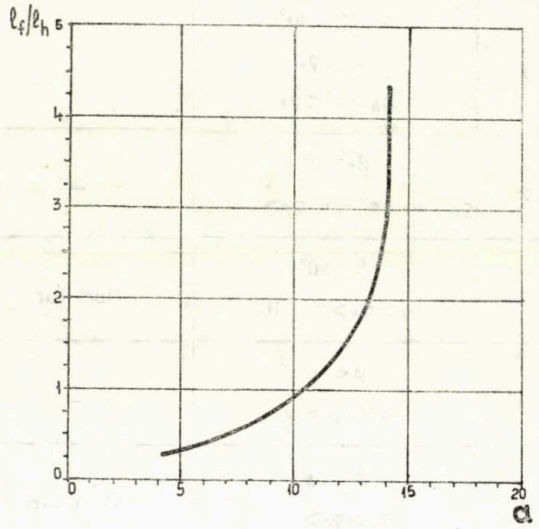


Fig. 14

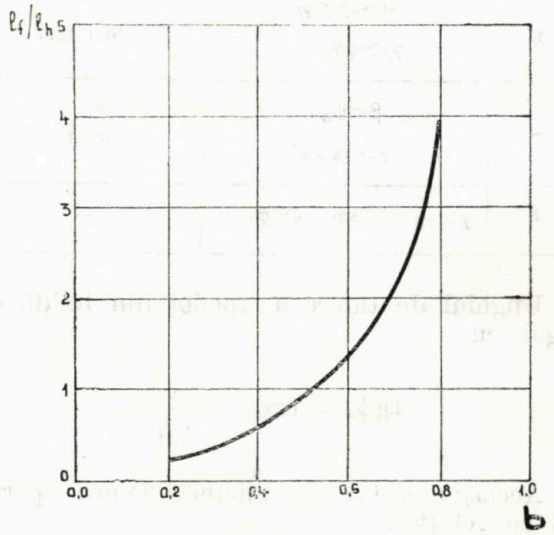


Fig. 15

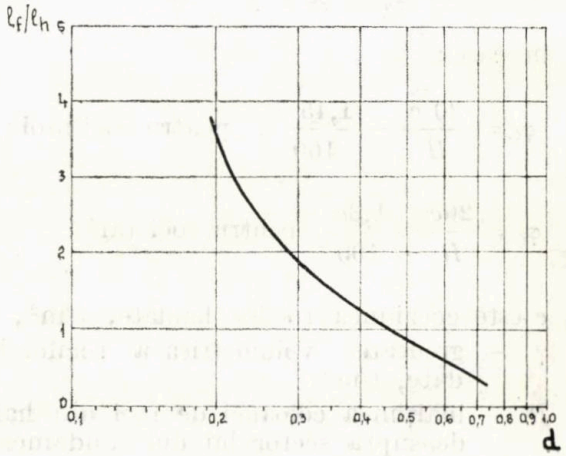


Fig. 16

sau se reduce valoarea raportului $l_f/l_h$, pînă la realizarea condiţiei $\varphi_s > \varphi_{nec}$.

După stabilirea, în acest fel, a mărimii acestor rapoarte, pe profilele transversale, trasate pe linia de cea mai mare pantă, de regulă la o echidistanţă de 50 m, se stabileşte lungimea de contact haldă-fundament care trebuie scarificată.

Lăţimea propriu-zisă a excavaţiilor, cît şi adîncimea acestora se stabilesc în funcţie de posibilităţile tehnologice de execuţie şi de volumele excavaţiilor care rezultă din realizarea noii geometrii de fundament.

**Bibliografie**


[1] Mariţ, M., Fotă, D. *Proiect de norme departamentale privind proiectarea, realizarea şi conservarea haldelor de steril.* ICITPLCIM—Deva, 1980.

[2] Zamfirescu, F., Fotă, D. *Stabilitatea taluzelor.* Capitol în *Geologie inginerească*, Vol. 2. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1981.

[3] * * * *Metode privind mărirea stabilităţii treptelor în lucrările de descopertare şi haldare a sterilului cu utilaje miniere de transport de mare capacitate.* Document ONU—CES, Coal/CE 5, 1977, referat R. S. Cehoslovacă.


# Modernizarea instalaţiei de comandă electrică a maşinilor de zeţaj din preparaţiile de cărbune


Ing. **C. Szabo**, ing. **O. Cocheci**

I.C.I.T.P.M.H. Petroşani


Introducerea pe scară largă a mecanizării, exploatarea unor zăcăminte puternic tectonizate şi cu intercalaţii de şisturi au condus la extragerea unor cantităţi din ce în ce mai mari de steril şi la o mărunţire mai avansată a cărbunilor. Această situaţie a impus adoptarea unor metode eficace de concentrare a cărbunilor. Zeţajul este cea mai răspîndită metodă gravitaţională pentru separarea cărbunilor. Toate instalaţiile de preparare a cărbunilor existente în România sînt dotate cu maşini de zeţaj. Metoda poate fi aplicată pentru concentrarea cărbunilor de dimensiuni între 0,5 şi 100 mm. Zeţajul se bazează pe diferenţa care există între vitezele de cădere a granulelor de cărbune şi de şist, prin patul fluidizat, creat cu ajutorul unui curent ascendent şi descendent. În prezent cele mai răspîndite maşini de zeţaj sînt cele hidraulice, acţionate pneumatic. Aceste maşini prezintă avantajul că au uzura redusă, iar ciclul de zeţaj poate fi reglat cu uşurinţă. În principiu, separarea prin zeţaj constă în introducerea cărbunilor într-un vas separat în două compartimente printr-un perete vertical. Cărbunele se aşază pe o sită fixă dintr-un compartiment ; vasul este plin cu apă, astfel încît materialul de pe sită să fie complet scufundat în ea. În celălalt compartiment se produce un curent pulsatoriu de aer printr-un dispozitiv pneumatic. Datorită pulsaţiilor de aer, apa din compartimentul cu sită capătă o mişcare verticală alternativă.

La ridicarea apei în compartimentul sitei granulele sînt săltate. Cînd apa coboară prin sită granulele sînt antrenate în jos. După un număr suficient de pulsaţii materialul se stratifică după densitate, şi anume : şistul se aşază la partea inferioară direct pe sită, iar cărbunele curat deasupra stratului de şist. Pentru realizarea unei bune separări trebuie să se creeze în maşina de zeţaj o fluiditate a patului de granule cît mai completă şi de durată maximă. Deoarece fluidizarea este produsă în perioada ascensională a apei, se recomandă să se prelungească această perioadă pe o durată de timp cît mai lungă, scurtîndu-se pe cît posibil perioada de revenire.

Un tip reprezentativ de maşină de zeţaj este OM—18 fabricat în U.R.S.S.

În această maşină de zeţaj reglarea parametrilor ciclului de zeţaj se realizează prin intermediul instalaţiei electrice de comandă.

Parametrii de reglat ai maşinii de zeţaj sînt frecvenţa oscilaţiilor patului de zeţaj şi factorul de formă al oscilaţiilor. Aceşti parametri sînt reglaţi de un bloc de oscilaţii care, prin intermediul unor impulsuri de tensiune, dă comanda de alimentare succesivă la două supape electropneumatice de admisie şi evacuare. Aceste supape permit admisia, respectiv evacuarea în compartimentul apă-aer al maşinii de zeţaj, şi dau naştere astfel la oscilaţiile patului de cărbune, necesare pentru separarea cărbunelui. Instalaţia de comandă originală a maşinii de zeţaj OM—18 realizează timpul de admisie a aerului printr-un singur impuls de tensiune dat supapei electropneumatice de admisie, urmat de un impuls pentru supapa de evacuare. Caracteristica presiune-timp la această ciclogramă este redată în figura 1.

Creşterea gradului de fluiditate a patului de granule, ceea ce înseamnă şi creşterea gradu-

lui de separare a cărbunelui, se poate face prin modificarea ciclului de zeţaj. Ciclograma modificată, denumită ciclogramă elastică, permite 1 — 4 admisii de aer consecutive urmate de o evacuare de aer; totodată permite şi modificarea independentă a duratelor de admisie şi

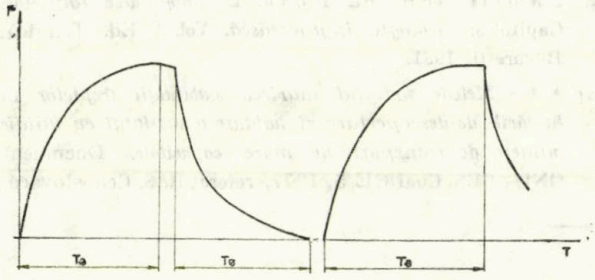


Fig. 1. Caracteristica presiune-timp la ciclograma clasică

evacuare. Ciclograma elastică este reprezentată în figura 2, iar caracteristica presiune-timp a ciclogramei elastice în figura 3. În aceste figuri $T_a$ reprezintă timpul de admisie şi se compune din $t_1$, $t_3$, $t_5$ şi $t_7$, care sînt timpii de acţionare a supapei de admisie şi $t_2$, $t_4$ şi $t_6$, care sînt timpii de pauză dintre două acţionări succesive; $T_e$ reprezintă timpul de evacuare a aerului din compartimentul apă-aer al

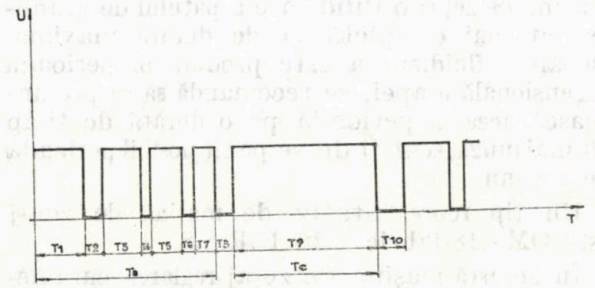


Fig. 2. Ciclograma elastică cu posibilitatea de modificare independentă a tuturor timpilor.

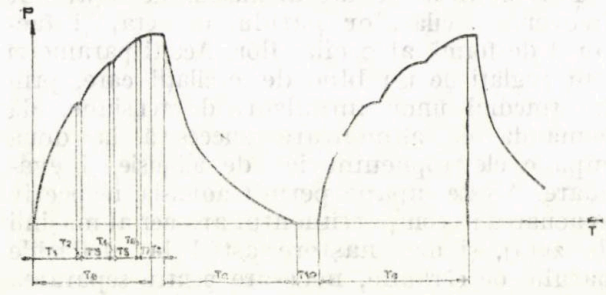


Fig. 3. Caracteristica presiune-timp la ciclograma elastică.

maşinii de zeţaj; $t_8$ reprezintă timpul de pauză între admisie şi evacuare şi este introdus în ciclul de zeţaj pentru compensarea influenţelor asupra procesului tehnologic ale volumelor parazite ale conductelor de aer, precum şi rezistenţa conductelor de aer la fluxul de aer şi la forţa de inerţie; $t_{10}$ reprezintă timpul de pauză între evacuare şi admisie şi este destinat pregătirii maşinii pentru fluxul de apă ascendent următor; timpul $t_{10}$ are semnificaţie deosebită în sensul că atunci se efectuează măsurarea stratului de fracţiuni grele din patul de zeţaj de către un traductor de nivel ce are în componenţa sa un selsin. De remarcat că toţi timpii $t_1$, $t_2$, $\cdots$ $t_{10}$ sînt reglabili, iar admisia aerului poate fi realizată prin 1, 2, 3 sau 4 impulsuri de tensiune.

Ciclograma elastică se realizează de un montaj electronic care formează impulsurile pentru comanda a 4 relee de comandă, necesare acţionării supapei electropneumatice de admisie şi a unui releu de comandă pentru acţionarea supapei electropneumatice de evacuare, precum şi un selector tip regletă pentru selectarea numărului de secvenţe de timp ce formează timpul de admisie. Realizarea timpilor de admisie se face prin intermediul a 4 circuite astabile care acţionează succesiv, prin intermediul a cîte unui releu, supapa de admisie. Pauzele dintre aceste acţionări se realizează, de asemenea, prin 4 circuite astabile. Timpul de evacuare se realizează cu un circuit astabil, cu temporizare mai mare, care acţionează prin intermediul unui releu supapa de evacuare. Schema-bloc a montajului electronic pentru realizarea ciclogramei elastice este redată în figura 4. În această schemă-bloc modulele

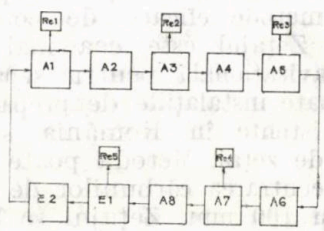



Fig. 4. Schema-bloc a montajului pentru realizarea ciclograme elastice.

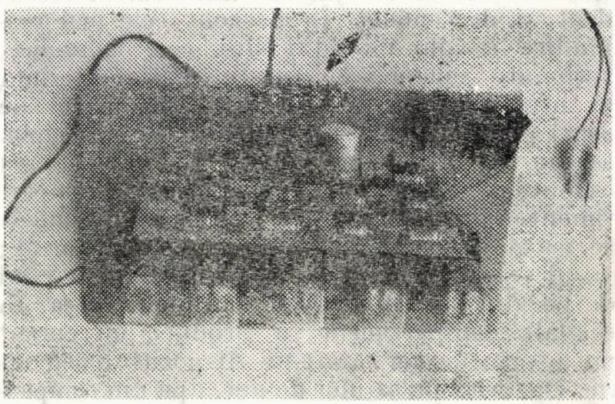


Fig. 5. Bloc de oscilaţii.

$A_1$, $A_3$, $A_5$ şi $A_7$ sînt circuitele de temporizare şi acţionare a releelor de admisie; $A_2$, $A_4$, $A_6$ şi $A_8$ — circuitele de temporizare a pauzei dintre două acţionări de admisie; $E_1$ — circuit de

temporizare şi acţionare a releului de evacuare; $E_2$ — circuit de temporizare a pauzei după acţionarea supapei de evacuare; $R_{e1} \ldots R_{e5}$ sînt relee de acţionare. Reglarea duratelor de temporizare pentru fiecare circuit este posibilă prin intermediul a cîte unui potenţiometru. De asemenea, montajul permite şi realizarea ciclogramei clasice (un impuls de admisie şi un impuls de evacuare) prin modificarea conexiunilor dintre module.

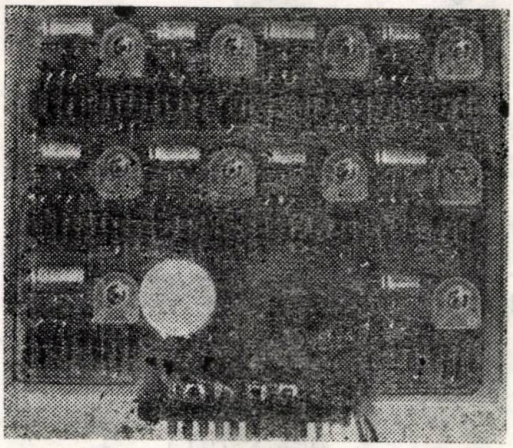


Fig. 6. Placă electronică a blocului de oscilaţii.

Constructiv, placa de oscilaţii este realizată dintr-un circuit imprimat dublu, placat cu cupru, pe care sînt amplasate piesele electronice şi un conector-fişă cu 30 de contacte, prin intermediul căreia se face conectarea la instalaţia de comandă a maşinii de zeţaj. Modelul de laborator al plăcii de oscilaţii a fost realizat în cadrul I.C.I.T.P.M.H. Petroşani şi s-a experimentat cu succes în cadrul preparaţiilor de cărbune din bazinul Valea Jiului. Descrierea variantei industriale a plăcii de oscilaţie, precum şi a rezultatelor ce se obţin în cadrul unei exploatări de lungă durată a maşinilor de zeţaj comandate după o ciclogramă elastică, va forma tema unui articol viitor.

**Bibliografie**


[1] Dobrescu, L. *Prepararea cărbunilor.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1963.

[2] Magyari, A. *Utilaje de preparare a substanţelor minerale utile.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1983.

[3] Golcea, N. *Cartea operatorului de la prepararea substanţelor minerale utile.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1980.

[4] Sandu, D. *Dispozitive şi circuite electronice.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1975.

[5] * * * Cartea tehnică a maşinii de zeţaj M—18.


# Recuperarea electrochimică a aurului din pirite arsenioase


Lector dr. ing. **Sanda Vişan***, lector dr. ing. **Ana-Maria Socolescu***, şef lucr. dr. ing. **T. Vişan****, asist. ing. **Ligia Botez***


Aurul este distribuit în scoarţa pămîntului în concentraţie medie de 3,5 ppb. În apa de mare, conţinutul variază în funcţie de localitate de la 40 la 3 ppt. De obicei, în natură, aurul se găseşte în stare nativă, sub formă de particule foarte mărunte, filoane sau pepite, cu puritate de 75—90%, în roci sedimentare sau vulcanice, asociat cu gangă (de obicei cuarţ), cu argint şi sulfuri metalice. Sub formă combinată se găseşte ca telururi (ex. silvanitul AuAgTe) şi selenuri.

În industrie, aurul se obţine din minereuri, nisipuri aurifere şi din nămolul anodic de la rafinarea electrochimică a cuprului şi nichelului. Procedeele utilizate pentru obţinerea aurului sînt : spălarea cu apă a nisipurilor aurifere, amalgamarea, cianurarea, solubilizarea în apă regală, clorurarea cu clor gazos, solubilizarea cu tiouree, solubilizarea cu iod-iodură de potasiu, topirea cu plumb, solubilizarea cu acid azotic, solubilizarea cu $H_2SO_5$ şi NaCN, solubilizarea cu N, N' — etilentiouree, leşierea simultană cu electrodepunerea [1].


*Academia de Studii Economice Bucureşti
**Institutul Politehnic Bucureşti


Recuperarea aurului din soluţii se poate realiza prin cementare cu praf de zinc sau de aluminiu, adsorbţie pe cărbune activ, reţinere pe schimbători de ioni, electroliză, extracţie cu reactivi organici (compuşi cu oxigen sau sulf, azot, fosfor), reducerea combinaţiilor la aur metalic cu ajutorul unor reducători (formaldehidă, hipofosfit de sodiu sau de potasiu, hidroxilamină, $SO_2$ etc.), amalgamarea [1].

Pentru *recuperarea electrochimică* a aurului literatura indică mai multe variante, în funcţie de natura materialului din care se extrage aurul. Electroliza poate avea loc după tratarea materialului cu soluţii de cianuri [2], cloruri [3] sau tiouree [4].

Adaosul de soluţie de polielectroliţi la baia de electroliză duce la reducerea considerabilă a duratei procesului. Astfel, adăugînd la o soluţie cu 2 g/l NaCN şi 2 g/l NaOH o soluţie de ECR-34 (clorură de poli (4-vinil-N-benzil trimetilamoniu)) de concentraţie 33,5%, în cantitate de 0,15 $cm^3/l$, s-a extras aurul din minereuri sărace de sulfuri sau din carbonaţi, în timp de 15—20 min., în instalaţii mult mai simple, de producţie specifică mare, nepoluante [5;6]. Celulele de electroliză conţineau elec-

trozi de inox sau de cupru, în condiţii de 2,7V şi o densitate de curent de 10—20 A/m². Distanţa dintre electrozi a fost de 3—10 mm. În plus, dizolvarea electrochimică nu necesită consum de oxigen, factor limitativ la aplicarea dizolvării clasice, cu cianuri.

Dizolvarea se desfăşoară după reacţia :

$$Au + 2NaCN + OH^- = Na[Au(CN)_2] + \\ + NaOH + e^-. \quad (1)$$

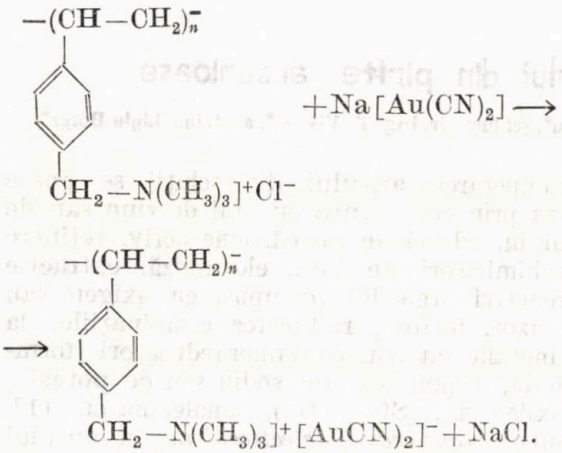
Urmează precipitarea electrochimică :

$$Na[Au(CN)_2] + NaOH + e^- = Au + \\ + 2NaCN + OH^-. \quad (2)$$

Agentul de complexare NaCN se regenerează ; nu se produc deşeuri. Particulele de metal nativ sînt conductoare electrice şi în timpul agitării vin în contact cu electrozii, devenind astfel ele însele electrozi şi accelerînd procesul.

Creşterea tensiunii peste o anumită valoare nu intensifică procesul, ci duce la descărcarea hidrogenului.

Răşina ECR-34 formează complecşi cationici cu cianurile de aur sau argint, intensificînd transportul metalului preţios la catod pentru precipitare, conform reacţiei :

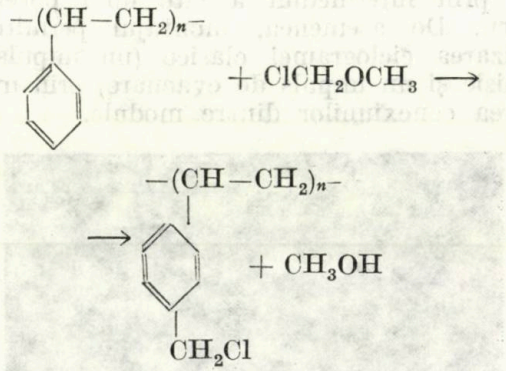



Migraţia spre catod este favorizată de agitarea prin aerare şi de distanţa mică dintre electrozi. Dizolvarea este intensificată prin modificarea parametrilor curentului electric (folosirea de curent alternativ sau parţial redresat, sau alternativ de joasă frecvenţă).

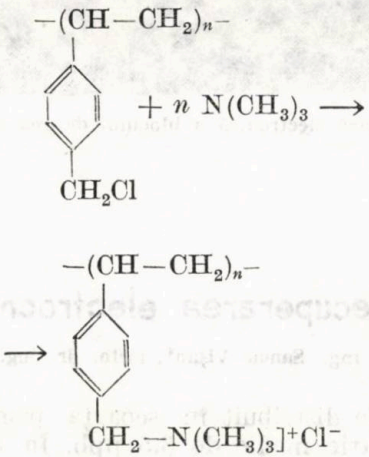
S-a studiat extracţia electrochimică a aurului dintr-o pirită arsenicoasă cu un conţinut de 11 g aur la tonă, măcinată la granulometria de 84% sub 0,074 mm. Pentru stabilirea condiţiilor optime de extracţie s-a studiat influenţa adaosurilor de unele săruri cuaternare de amoniu, ECR-34, clorură de benziltrimetilamoniu (notată în actualul studiu cu M) şi clorura de benziltrimetilamoniu (E).

S-a sintetizat reactivul ECR-34 conform indicaţiilor din literatură [7] prin :

— clorometilarea polistirenului cu masa moleculară 9 000—10 000 :




— aminarea polistirenului clorometilat cu trimetilamină :




Masa moleculară a polistirenului s-a determinat prin metoda cromatografiei pe gel permeabil ; la polistirenul clorometilat s-a analizat clorul legat chimic prin titrare potenţiometrică, iar la produsul final s-a determinat clorul prin metoda Mohr.

### Trasarea curbelor de polarizare în condiţii staţionare

Din curbele potenţial — curent pentru procesul catodic se pot determina elemente importante pentru electroliză : potenţialele de începere a reacţiei de depunere catodică, curenţii limită, potenţialul de începere a descărcării hidrogenului, stabilind astfel domeniile de potenţial în care trebuie să se realizeze electroliza cu un randament maxim. Stabilirea valorilor potenţialelor de electrod în timpul efectiv al electrolizei permite să se aprecieze repartizarea voltajului pe anod şi pe catod, precum şi conductibilitatea electrică a soluţiei.

Instalaţia experimentală este prezentată în figura 1.

Valorile potenţialului staţionar în soluţiile studiate sînt prezentate în tabelul 1.

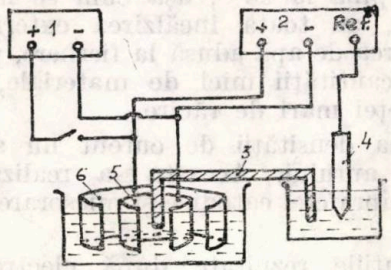



Fig. 1. Montajul de lucru pentru trasarea curbelor de polarizare :
*1* — sursă de curent continuu ; *2* — potenţiostat ; *3* — sifon electrolitic ; *4* — electrod de calomel saturat ; *5* — catod de cupru ; *6* — anod de cupru.

*Tabelul 1*

**Valorile potenţialului staţionar în soluţiile studiate**

| Tipul soluţiei | Potenţialul faţă de calomel saturat (E = +0,250 V faţă de electrodul de $H_2$) |
|---|---|
| 100 g minereu + 200 g apă + 0,4 g NaOH + 0,4 g KCN | — 0,9 pînă la —0,96 V |
| idem (1) + 1,5 $cm^3$ soluţie M 3,34 % | —0,464 V |
| idem (1) + 1,5 $cm^3$ soluţie E 3,34 % | —0,502 V |
| idem (1) + 1,5 $cm^3$ soluţie ECR-34 3,34 % | —0,376 V |
| idem (1) + 3 $cm^3$ soluţie ECR-34 3,34 % | —0,411 V |

Se observă foarte clar o deplasare substanţială a potenţialului staţionar de la soluţia simplă (—0,9V) la soluţiile cu sare cuaternară de amoniu, ceea ce face ca depunerea aurului şi eventual a argintului să înceapă la tensiuni mai mici şi cu curenţi mai mari de electroliză — în ultimele soluţii.

În continuare, catodul de cupru s-a polarizat la valori din ce în ce mai negative, pînă la circa —3,6 V (limita aparatului). În figura 2 se prezintă comparativ curbele de polarizare curent-potenţial pentru soluţia simplă şi cu adaosuri de 1,5 ml soluţie 3,34 % de săruri cuaternare. Descărcarea hidrogenului se produce începînd de la —1,5 V. Domeniul de potenţial în care se produce propriu-zis descărcarea singură a aurului este prezentat în detaliu, în figura 3, la o scară de circa 20 de ori mărită a curentului.

Ca o caracteristică generală a tuturor curbelor de polarizare în porţiunea de început, între —0,4 şi —1,6 V se remarcă obţinerea de paliere-curenţi limită de difuzie, caracteristici depunerii unor ioni în concentraţii mici. Concluzia practică este că electroliza

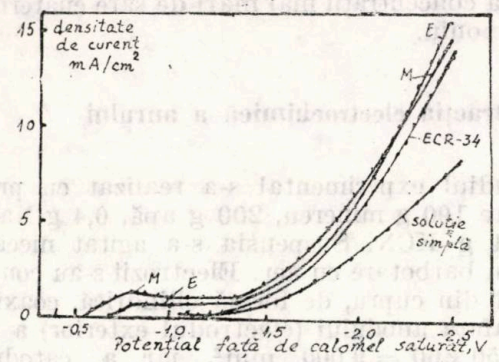



Fig. 2. Curbe de polarizare în condiţii staţionare.

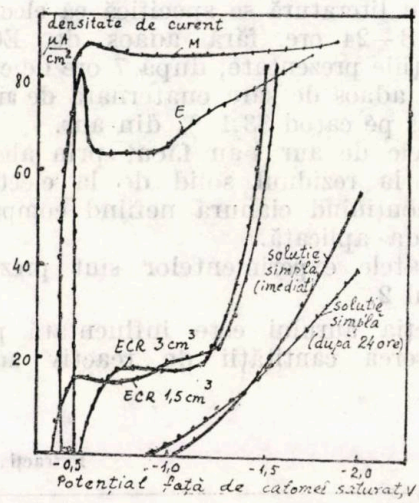



Fig. 3. Porţiunea de început a curbelor de polarizare.

trebuie condusă între aceste limite de potenţial, pentru că la valori mai negative cea mai mare parte din curent este consumată inutil, pentru descărcarea hidrogenului. Mărirea cea mai însemnată a curentului se produce prin adăugarea sării cuaternare M, care probabil complexează cel mai bine ionii de aur şi produce extracţii de circa 4 ori mai mari (teoretic) decît ECR şi cu circa 50 % mai mari decît sarea E. Cantitatea recuperată de aur se poate mări prin agitarea electrolitului şi aerare suplimentară.

Pentru a căpăta o imagine mai clară asupra a ce se întîmplă în timpul electrolizei s-au măsurat potenţialele de electrod catodic şi anodic în timpul electrolizei cu o tensiune de 2,5 V. Potenţialul catodic s-a păstrat la valoarea constantă de 1,7 V (negativ), în timp ce potenţialul anodic a variat puţin, dar între limitele 0,5—0,6 V. Diferenţa pînă la 2,5 V o reprezintă căderea ohmică prin soluţia de electroliză, cădere care este mai mare în absenţa sărurilor cuaternare de amoniu. Rezultatele arată că în timpul electrolizei cu tensiunea

de 2,5 V se ajunge foarte aproape de limita curentului limită de difuzie a aurului și deci această tensiune este recomandabilă practic, eventual cu 0,1—0,2 V mai jos, dacă se vor utiliza concentrații mai mari de sare cuaternară de amoniu.

### Extracția electrochimică a aurului

Studiul experimental s-a realizat cu probe de cîte 100 g minereu, 200 g apă, 0,4 g NaOH și 0,4 g KCN. Suspensia s-a agitat mecanic și prin barbotare cu aer. Electrozii s-au confecționat din cupru, de formă cilindrică, coaxiali. Suprafața anodului (electrodul exterior) a fost de $150 \times 60 = 9\,000$ mm², iar a catodului 2 000 mm². Timpul teoretic de electroliză pentru 100 g minereu cu 11 g/t aur este de 27,4 s. În literatură se specifică că electroliza durează 3—24 ore, fără adaos de ECR-34. În condițiile prezentate, după 7 ore de electroliză fără adaos de sare cuaternară de amoniu, s-a extras pe catod 33,1 % din aur.

Analizele de aur s-au făcut prin absorbție atomică, la reziduul solid de la electroliză, soluția conținînd cianură nefiind compatibilă cu metoda aplicată.

Rezultatele experimentelor sînt prezentate în tabelul 2.

Extracția aurului este influențată pozitiv de creșterea cantității de reactiv adăugat soluției și de creșterea temperaturii, care favorizează mobilitatea ionică, scăzînd rezistența soluției și tensiunea de lucru. Pentru condițiile de lucru prezentate nu s-a putut ridica temperatura pînă la 95°C, așa cum se indică în literatură, cu toată încălzirea exterioară și introducerea de apă adusă la fierbere, probabil datorită cantității mici de materiale, aerării și suprafeței mari de răcire.

Scăderea densității de curent nu a mărit extracția aurului. Aceasta s-a realizat prin mărirea suprafeței catodice și micșorarea intensității.

În soluțiile rezultate după electroliza la 55—58°C s-au găsit ioni de cupru, proveniți din dizolvarea anodului, precum și precipitat alb de cianură cuproasă.

Cel mai bun rezultat la electroliza piritei arsenioase, în prezență de ECR-34, s-au obținut la adăugarea de 1,5 cm³ soluție de rășină 3,34 % pentru 100 g pirită, 200 g apă, 0,4 g NaOH, 0,4 g KCN, electroliză 10 min., la 55—58°C, cu o densitate de curent de 6 A/m². Extracția a fost de 47 %. Nu s-au obținut extracții superioare din cauza compoziției mineralogice a piritei aurifere arsenioase și (sau) din cauza purității reactivului de complexare ECR-34.

Testînd alte două săruri cuaternare de amoniu, cu mase moleculare mai mici, s-a extras 61,5 % din aur în prezența clorurii de benziltrimetil-

*Tabelul 2*

**Extracția aurului din pirită arsenioasă**

| Nr. crt. | Condiții de lucru | | | | | | Extracția Au, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Volum de reactiv (3,34 %), cm³ | Timp, min. | Temperatură, °C | *I*, A | Densitate de curent, A/m² | *U*, V | |
| 1 | 0,1 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 25,6 |
| 2 | 0,5 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,8 | 46,4 |
| 3 | 1,0 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,6 | 53,4 |
| 4 | 1,0 | 10 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 47,9 |
| 5 | 1,0 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 53,4 |
| 6 | 1,0 | 30 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 26,7 |
| 7 | 1,0 | 30 | 20 | 0,2 | 50 | 2,0 | 26,7 |
| 8 | 1,0 | 30 | 40 | 0,2 | 50 | 2,0 | 43,0 |
| 9 | 1,0 | 30 | 58 | 0,2 | 50 | 1,0 | 61,5 |
| 10 | 1,0 | 20 | 20 | 0,2 | 20 | 2,8 | 32,9 |
| 11 | 1,0 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 53,4 |
| 12 | 1,0 | 20 | 20 | 1,2 | 200 | 3,2 | 39,8 |
| 13 | 0,1 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 7,1 |
| 14 | 1,5 | 20 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 29,0 |
| 15 | 1,5 | 10 | 20 | 0,2 | 50 | 2,5 | 38,3 |
| 16 | 1,5 | 10 | 58 | 0,2 | 50 | 1,0 | 47,3 |
| 17 | 1,5 | 10 | 58 | 0,1 | 6 | 0,5 | 47,1 |

amoniu (M), după 30 min de electroliză, la 58°C, cu o densitate de curent de 50 A/m². Cu clorura de benziltrietilamoniu (E) s-a obținut un rezultat intermediar.

Creșterea duratei de electroliză este limitată, deoarece aurul depus pe catod se poate redizolva în soluția de cianură și hidroxid.

## Concluzii

S-a studiat extracția aurului dintr-o pirită arsenioasă, măcinată 84 % sub 0,074 mm, printr-un procedeu electrochimic. Suspensia de minereu într-o soluție de NaOH și KCN, în prezența unei sări cuaternare de amoniu, s-a supus electrolizei. S-a studiat influența duratei procesului de electroliză, a temperaturii, a densității de curent și a naturii sării cuaternare de amoniu asupra extracției aurului.

Studiul s-a completat cu elemente de cinetica procesului de electrod, prin trasarea curbelor de polarizare în condiții staționare, necesare pentru stabilirea domeniilor de potențial în care trebuie să se realizeze electroliza cu randament maxim, informații privind conductibilitatea soluțiilor în funcție de natura reactivului adăugat.

### Bibliografie


[1] Vișan, S., Socolescu, A. M., Botez, L. Extragerea metalelor prețioase din pirite prin procedee electrochimice", Studiu 1987.

[2] * * * JP 59123800 (Cl. C 25 F 5/00), 1984.

[3] Khleborodova, R. T., Seliverstov, P. V. Tr. IREA, 1984, 46, p. 22.

[4] Moussoulos, L., Potamianos, N. *Precious Met.* Min., Extr., Process, Proc. Int. Symp., 1984, p. 333.

[5] Shiringhelli, H. A., Deffeyes, K. S., U.S 4128462 (Cl. C 25 C 1/20), 1978.

[6] Shiringheli, H. A., Deffeyes, K. S., U.S. 4139432 (Cl. C 25 C 1/20), 1979.


# Zeoliții naturali și implicațiile lor în biologie


Biolog N. Bucur

Centrul de Cercetări Biologice Cluj-Napoca


## Generalități

Primele cristale de zeoliți, din minele de cupru Svappavari Lappmark din Suedia, au fost descrise de către mineralogul Cronstedt în anul 1756. Denumirea de zeoliți provine de la cuvintele grecești zein și lithos, ce înseamnă piatra care fierbe, după proprietatea acestora de a se umfla prin încălzire și a degaja gaze în apă.

Zăcăminte zeolitice au fost descoperite, apoi, în mai toate colțurile lumii: în U.R.S.S., S.U.A., Japonia, Italia, Noua Zeelandă etc,

În anul 1925, Wiegel și Steinhof au evidențiat proprietatea de deshidratare a zeoliților și capacitatea lor de-a absorbi molecule organice. Acest fenomen de absorbție a fost amplu studiat de către Mc Bain în anul 1932 care, datorită golurilor din rețelele de zeoliți ce se apropie de cele ale moleculelor, denumește acești absorbanți „site moleculare".

În dorința de a mări concentrația de zeoliți, în perioada anilor 1940—1960 s-a reușit să se sintetizeze în laborator cristale de zeoliți. S-au obținut astfel zeoliți sintetici avînd proprietăți identice cu cei naturali, dar cu preț de cost mult ridicat.

Prezența zeoliților în România a fost semnalată în secolul trecut de mineralogul Akner în anul 1855. De atunci au fost descoperite multe zone de zeoliți naturali în rocile vulcanice, sedimentare sau metamorfice din țara noastră, în total 108 zăcăminte, cifră care este în continuă creștere. Cele mai bogate și variate zăcăminte se găsesc în Munții Apuseni.

După anul 1975, cercetarea tufurilor zeolitice din țară a făcut obiectul unor teme de cercetare ale I.C.P.M.S.N din Cluj-Napoca, în colaborare cu mai multe instituții de cercetare și învățămînt superior, pentru valorificarea complexă a acestora.

## Proprietățile fizico-chimice ale zeoliților

Zeoliții sînt substanțe minerale care fac parte din clasa silicaților cu structură tridimensională, caracterizați prin asocierea infinită a tetraedrilor anionici de $(Si\ Al)O_4$. Astfel se formează rețele cu numeroase goluri, canale etc., ocupate cu diferiți cationi și molecule cu rază mare.

Din punct de vedere chimic, ei sînt aluminosilicați hidratați ai ionilor electropozitivi cu rază mare (Na, K, Ca etc.).

Principala caracteristică a zeoliților o constituie prezența unor molecule de apă slab reținute, cedarea și reprimirea acesteia făcîndu-se fără distrugerea rețelei cristaline. Aceasta

este apa zeolitică și ea se deosebește de apa de constituție tocmai prin faptul că prin încălzire se elimină continuu și nu prin salturi, fără a influența structura cristalină. Spre deosebire de feldspați, la zeoliți cavitățile carcaselor aluminosilicate sînt mai mari, dispoziția tetraedrică realizează o formă de faguri care posedă cavități relativ mari, ce comunică între ele prin pori de intrare mai mici.

Dimensiunile canalelor la zeoliții naturali variază între 2,2 și 9 Å. Tetraedrii de $(SiO_2)^{-4}$ și $(AlO_4)^{-5}$ sînt legați în grupe de cîte 5 (3 + 2) sau mai multe, în inele sub formă de zig-zag și închid canalele largi cu valențe libere ale tetraedrilor cu aluminiu de care se leagă cationii și apa (Bedeleanu I., 1984)

### Implicații în biologie

Dintre multiplele întrebuințări ale zeoliților naturali, ne vom referi la administrarea acestora în hrana animalelor.

Încă din vechime, fermierii japonezi au folosit tufurile cu clinoptiloliți și mordeniți ca aditivi dietetici în hrana păsărilor domestice, porcinelor și bovinelor.

Mai recent, după anul 1970, cercetările și experimentările au putut evidenția efectele zeoliților administrați în hrana animalelor, și anume :

— prevenirea și tratarea bolilor organelor digestive ;
— mărirea vitezei de creștere a animalelor ;
— scăderea valorii de conversie a hranei ;
— scăderea mirosurilor neplăcute conferite de reziduuri etc.

Acțiunea tufului vulcanic începe în momentul amestecării sale cu furajele tradiționale. Dacă acestea degajă amoniac sau prezintă umiditate excesivă, materialul zeolitic fin divizat va absorbi o parte a acestora. În cavitatea bucală și în stomac are rol în mărunțirea hranei, iar cu cît mărimea particulelor este mai mare, retenția hranei în stomac se prelungește și, ca atare, digestia va fi mai eficace (Cool W.M. și colab., 1982). Efectul mecanic este probabil răspunzător de stimularea secreției gastrice. Alcalinitatea semnalată de unii autori s-ar putea datora cedării de către zeoliți a unor cationi și absorbției ionilor de amoniac. În porțiunile următoare ale tubului digestiv, amoniacul se desoarbe lent din granulele de tuf, iar prelungirea perioadei de tranzit a hranei contribuie, de asemenea, la intensificarea activității de hidroliză a peptidelor și a dezaminării de către microflora intestinală a polipeptidelor și aminoacizilor. Ficatul poate sintetiza noi aminoacizi din alfakete acizi și amoniac uree, prin ciclul ornithinic ; microflora, la rîndul ei, poate încorpora amoniacul și sintetiza aminoacizi care vor fi asimilați apoi de către organismul animal. Aceasta ar fi o explicație simplistă a obținerii sporurilor în greutate. În realitate lucrurile sînt mult mai complicate.

Prezența fizică a materialului mineral în rație contribuie la îmbunătățirea digestiei. Proteinele, grăsimile, substanțele extractibile neazotate, celuloza sînt mai bine asimilate (Pond 1982 ; Sand și Mumpton 1978). Această acțiune se realizează prin excitarea pereților stomacali, stimularea secreției gastrice, creșterea cantității de acetați în rumen la rumegătoare, efectul de mărunțire a hranei în prezența granulelor mai mari de tuf și retenția prelungită a ei în stomac sau rumen.

Unele modificări enzimatice contribuie, de asemenea, la asimilare mai bună a diferitelor componente nutritive din furaje. La tineretul porcin, de pildă, Bagishvili (1978) a constatat creșterea asimilării substanței uscate, a materiei organice — proteinelor, lipidelor și a substanțelor extractibile neazotate — prin creșterea aportului tufului clinoptilolitic de la 5 la 8%, față de lotul martor, obținîndu-se un spor zilnic cu 15,2% mai mare și un consum de furaj pe kg corp, mai mic.

La pui, cărora li s-a adăugat 3 și 6 % tuf clinoptilolitic, s-a pus în evidență creșterea activității fosfatazei alcaline și acide în duoden și a celei alcaline în ficat. La peștii care au primit rații cu tuf sau tuf cu procaină s-a constatat, de asemenea, o activitate enzimatică mai intensă la nivelul epiteliului intestinal, indicînd o creștere a metabolismului ; creșterea activității fosfatazei alcaline arată o accelerare a transportului prin membrană, iar a ATP-azei subliniază o creștere a metabolismului energetic (Rusu M., Battes K., 1981).

Tuful vulcanic poate constitui o sursă de elemente minerale necesare organismului animal sau poate contribui la o mai bună asimilare a componentelor minerale din furaje. Pond și Yen (1984) au determinat în tuful clinoptilolitic 28 de elemente chimice, 9 dintre acestea sub formă de oxizi. Rolul acestor substanțe în organismul animal nu a fost încă pe deplin elucidat. Deocamdată reținem că utilizarea unui tuf bogat în fier poate duce la scăderea de Fe din furaje.

Cercetările mai recente au adîncit unele aspecte biochimice și histologice la nivelul organelor digestive, a epiteliilor și sîngelui. Prin administrarea carbonatului de amoniu și a tufului clinoptilolitic și urmărirea concentrației de amoniac în sînge, s-a constatat efectul retardant al tufului, realizat prin proprietățile sale adsorbante și de schimb ionic preferențial pentru ionii de amoniu. La animalele martore, care au primit numai carbonat de amoniu, s-a constatat o stare de stress prin creșterea concentrației de amoniac în sînge.

La tineretul porcin, prin înlocuirea a 4 % din raţia de porumb cu tuf vulcanic, s-a obţinut o creştere a glucozei în sînge, scăderea lipidelor şi a activităţii monaminooxidazei din serul sangvin şi creşterea activităţii fosfatazei alcaline în sînge. Este posibil ca zeoliţii să scadă catecholaminele prin influenţarea pozitivă a tonusului nervului vag. Histologic nu s-au observat alterări ale tractului intestinal. Celulele epiteliale cilindrice ale stomacului şi intestinului au o activitate secretoare mai mare, probabil datorită iritării lor de către granulele de tuf. În intestinul subţire celulele prezintă o pronunţată dezvoltare a aparatului Golgi şi o activitate pinocitozică evidentă, ceea ce ar explica absorbţia mai intensă a nurienţilor (Pond, Mumpton, 1984).

La peşti, din punct de vedere histologic, nu au apărut modificări în ficat şi intestin, dar activitatea unor enzime (SDH, ATP-aza, fosfataza acidă) a fost mai intensă în celulele epiteliale ale intestinului. Cu prelungirea tratamentului cu zeoliţi se intensifică şi activitatea LDH-azei (Rusu, M., Bucur, N., 1980; Bucur, N., 1985).

Tuful vulcanic influenţează şi activitatea microflorei de pe parcursul tractului digestiv. La rumegătoare, tuful ajuns în rumen va elibera o parte din cationii săi de schimb, adsorbind şi legînd labil pe cei de amoniu, fapt care optimizează activitatea microorganismelor. Acţiunea zeoliţilor asupra organismelor din rumen este selectivă. Introducerea unei cantităţi de uree în raţia vacilor determină o scădere a numărului total de infuzori în rumen, iar combinaţia uree + tuf zeolitic 10 % a determinat creşterea semnificativă a numărului total al infuzorilor, în special a celor din genul Entodinium (Pond şi Mumpton, 1984). Experienţele efectuate pe cobai au subliniat contribuţia zeoliţilor la îndepărtarea şi reducerea efectelor negative datorită paraziţilor intestinali. Cobaii infestaţi cu Nippostrongylus brasiliensis, care au primit în raţia lor 100 g clinoptilolit/kg furaj timp de două săptămîni, înainte de infestare, au prezentat o dispunere a paraziţilor în partea posterioară a tubului digestiv, fapt care nu a afectat creşterea lor în greutate (Wells, 1983).

În fine, ca o regulă generală, fecalele devin mai consistente, iar pierderile de apă se reduc. Acest efect este evident corelat cu cantitatea de tuf adăugat la raţia alimentară şi capacitatea sa de adsorbţie care, la rîndul ei, depinde de granulaţia folosită şi care determină mărirea sau micşorarea suprafeţei de contact cu apa.

Rezultanta finală a proceselor digestive — asimilaţia, absorbţia şi transportul — este neoformatoare de ţesuturi, favorizînd creşterea şi maturizarea animalelor. În carcasa animalelor s-au constatat reducerea grăsimilor şi creşterea aportului de proteine (Battes K. şi colab., 1981; Haţeganu V., 1979). Se apreciază că acest efect este corelat pozitiv cu creşterea dimensiunilor granulelor de tuf, căci Cool şi Wilard (1982), folosind în raţia purceilor 10 % tuf clinoptilolitic, cu mărimea granulelor de 2,4—3,4 mm, a înregistrat o reducere de 24 % a grăsimii corporale. Ca o consecinţă firească, morfologia corpului se modifică, porcii devin mai zvelţi, mai alungiţi, mai vioi şi mai rezistenţi la îmbolnăviri.

La peşti s-a constatat o creştere semnificativă a cantităţii de hemoglobină şi a valorii hematocritului care, împreună cu nivelele ridicate de proteine serice totale, asigură o capacitate imunoprotectoare mărită (Battes, K. şi col. 1981).

Unele experienţe arată că raţiile zeolitizate nu afectează negativ reproducţia sau lactaţia. Adăugarea în raţie a unei cantităţi de 5—12 % tuf la scroafe, înainte cu 2—3 săptămîni de fecundare sau în timpul gestaţiei (la 20—30 zile după fecundare), are ca urmare un plus semnificativ statistic de 8,7 % la numărul purceilor fătaţi şi o greutate mai mare decît la lotul-martor, precum şi o rezistenţă mărită la îmbolnăviri şi un apetit mai ridicat (Ma C., şi colab. 1979, Pond W., Mumpton, 1984).

Datele din literatură, precum şi rezultatele cercetării noastre susţin cu argumente ştiinţifice necesitatea utilizării în practica zootehnică a zeoliţilor naturali, precum şi continuarea cercetărilor pentru aprofundarea mecanismelor de acţiune ale acestora asupra organismelor animale.

**Bibliografie**


[1] Abraham, A. ş.a. Stud. Cerc. Biol. Seria Anim., **2**, 135—137, 1980.
[2] Battes, K. ş.a. Bul. Cerc. Piscic., 1—2, 45, 1981.
[3] Bedeleanu, I., Stoici, S. D. *Zeoliţi.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1984.
[4] Bucur, N., Rusu, M. A., Puică, C. *Trav. Labor.* Aquaculture. Piatra Neamţ, **1** (10), 165—170, 1985.
[5] Cool, W. M., Vilard, J. M. *Nutrition.* Raports Intern., **5**, 759.
[6] Haţieganu, V. ş. a. *Valorificarea substanţelor nemetalifere.* Simpozion I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca, Vol. III, lucr. 19, 1979.
[7] Pond, W. G., Mumpton, F. A. Anim. Sci. Swine Memo. **78**, 2, 1979.
[8] Pond, W. G., Yen, J. Y. Nutr. Raport. Intern., **25**, 837, 1982.
[9] Ma, C., Tzeng, C. M., Lai, M. K., Tsai, A. H. Sci. Agric., **27**, 189, 1979.
[10] Sand, L. B., Mumpton, F. A. Zeo-Agriculture, 296, 1978.

# Contribuţie la cunoaşterea compoziţiei chimice a fluidelor din zăcămîntul dogger al structurii Mitrofani

Prof. dr. ing. **I. D. Păreălăbescu**, şef lucr. dr. chim. **Floarea Manea**, şef lucr. ing. **Gh. Brebeanu**, şef lucr. ing. **I. Nistor**

Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

Zăcămîntul de hidrocarburi fluide din doggerul structurii Mitrofani, prin particularităţile manifestate în decursul exploatării, s-a impus în problematicile ingineriei zăcămintelor. Din acest punct de vedere, în lucrarea [18] s-a prezentat analiza microstructurală a mediului solid al zăcămîntului de hidrocarburi fluide din dogger, în contextul fizico-chimiei mediului solid cuprins, în scară geologică, între silurianul inferior şi sarmaţian.

Fluidele din zăcămîntul din dogger le vom analiza în strînsă corelaţie cu mediul solid poros-permeabil, în care sînt cantonate, şi, de aceea, în figurile 1 ; 2 şi 3 se prezintă schiţele hărţii structurale şi secţiunile, care permit o imagine clară asupra sistemului în exploatare, parametrul $V$ din ecuaţia fundamentală a energiei [14], $E = f(\mathcal{R}, V, T, p, t)$ determinînd, alături de ceilalţi parametri, modul particular de comportare în exploatare a acestui sistem. Din aceste reprezentări (fig. 1 ; 2 ; 3) ale ingineriei de zăcămînt se poate reţine că sistemul de hidrocarburi fluide din dogger a avut, de-a lungul timpului geologic, un $V$ = constant, închis „ermetic" în acoperiş şi culcuş de strate impermeabile, iar lateral de accidente tectonice etanşe. Acest $V$ = constant, în contextul mişcării-transformării materiei sub influenţa geotermalismului zonal [15] şi, mai ales, a transformărilor termo-catalitice generate de dezintegrarea nucleară [17], participarea radionuclizilor în mediul solid poros-permeabil al zăcămîntului fiind însemnată [18], explică anomalia de temperatură (150°C la 4 290 m) şi de presiune (740 bar la 4 239 m) din acest zăcămînt.

La nivelele de temperatură şi presiune menţionate, în incinta închisă a doggerului, cu compoziţia chimico-mineralogică a colectorului

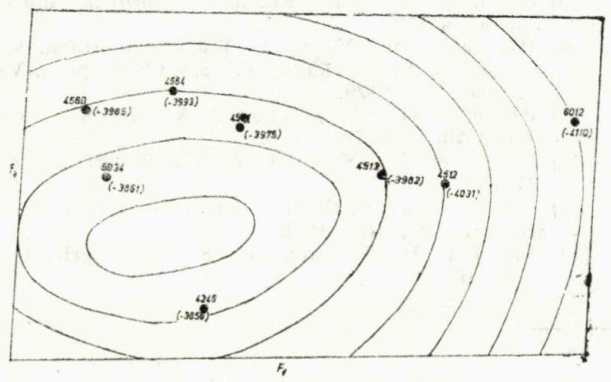



Fig. 1 Schiţa hărţii structurale.

de fluide [18], apa de zăcămînt a sistemului nu putea să aibă decît compoziţia chimică ilustrată de tabelul 1. După criteriile genetice ale lui V.A. Sulin, apa de zăcămînt aparţine tipului cloro-calcic, caracteristic apelor de mare adîncime şi de vîrstă geologică înaintată [10]. Datorită condiţiilor de geneză, la nivele energetice însemnate, a apărut şi participarea nu neglijabilă a $SiO_2$. Participarea $CO_2$ şi a $H_2S$ sugerează [20] contribuţia sistemului vulcanic submarin adiacent horstului paleozoic Mitrofani—Iancu Jianu [15; 18], vulcanism submarin ce-a adus şi participarea însemnată a iodului. Iodul din zona aureolei de contact ţiţei/apă (fig. 1; 2) a apărut „şi la zi" la sonda 4 512 (tab. 1).

*Tabelul 1*

**Compoziţia chimică a apei de zăcămînt**

| Componentul | % echivalenţi | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Na^+ + K^+$ | 43,24 | 44,19 | 40,34 | 42,58 | 47,21 | 42,49 / 0,32 |
| $Ca^{2+}$ | 5,79 | 5,16 | 7,73 | 4,58 | 2,03 | 5,23 |
| $Mg^{2+}$ | 0,97 | 0,65 | 1,93 | 2,84 | 0,76 | 1,11 |
| $Cl^-$ | 49,81 | 49,91 | 49,86 | 49,79 | 49,75 | 50,65 |
| $SO_4^{2-}$ | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,21 | 0,11 |
| $HCO_3^-$ | 0,14 | 0,07 | 0,12 | 0,20 | 0,04 | 0,05 |
| Componentul | mg/l | | | | | |
| $H_2S$ | 12,70 | — | — | — | — | — |
| $CO_2$ | 43,28 | — | — | — | — | — |
| $SiO_2$ | 92,00 | — | — | — | — | — |
| I | 0,35 | 341,6 | 132,08 | 107,95 | — | — |
| *p*H | — | — | — | — | — | 6 |
| Sonda nr. | 4 512 | | | | | 6 012 |
| Data | 14.I. 1978 | 15.I. 1978 | 16.I. 1978 | 20.II. 1978 | 25.II. 1978 | II. 1988 |

— nu s-a determinat

În compoziţia chimico-mineralogică a colectorului de hidrocarburi fluide din doggerul de la Mitrofani [18] au fost identificate elemente chimice radioactive şi reţele cristaline radioactive. Această stare ne-a determinat să investi-

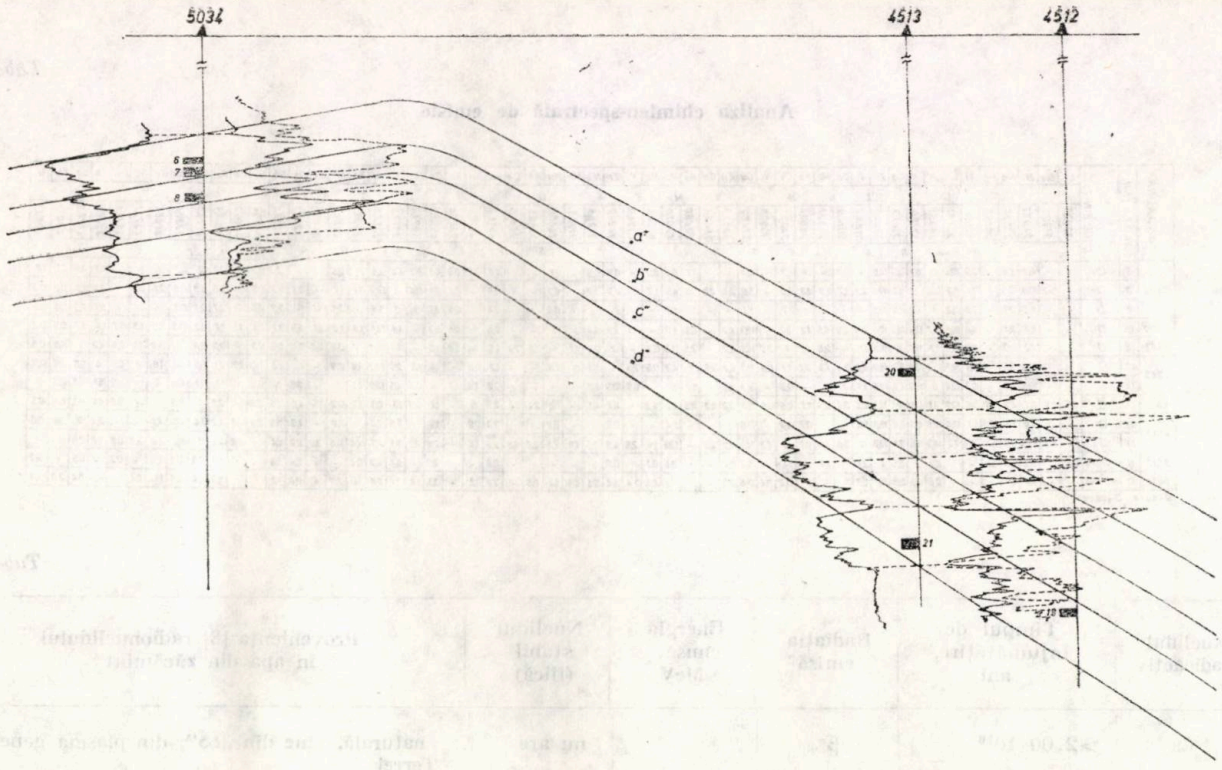



Fig. 2 Secțiune longitudinală.

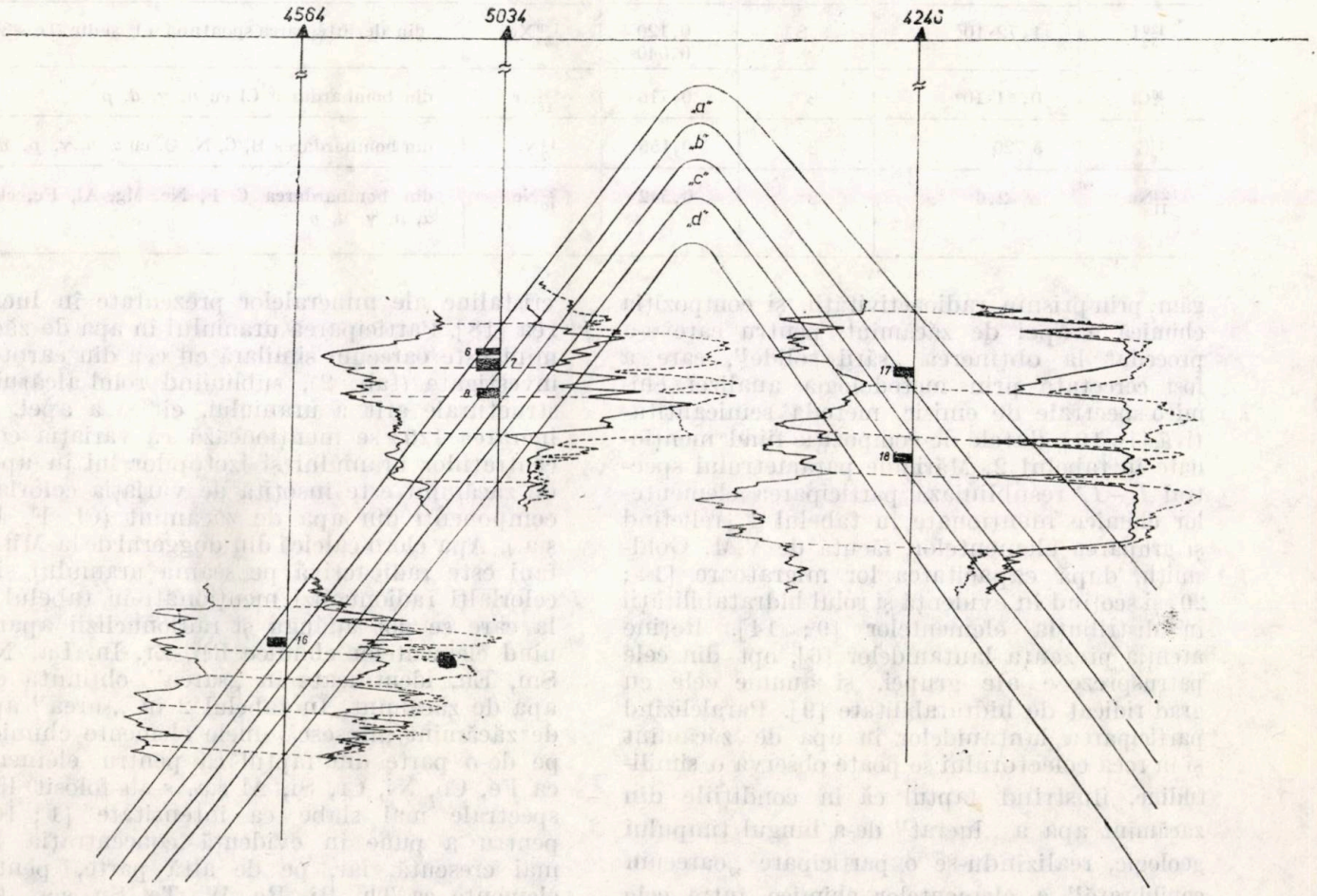



Fig. 3 Secțiune transversală.

*Tabelul 2*

**Analiza chimico-spectrală de emisie**

| SONDA NR. | CAROTA NR. | TUBUL DE CIMENT | Li | Be | B | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | As | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Ru | Rh | Cd | In | Sn | Te | Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Pb | Bi | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Er | Yb | Lu | Th | U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 32235 | 31964 | 25937 | 33020 | 29155 | 30561 | 25721 | 25355 | 32170 | 31813 | 32420 | 31854 | 30149 | 29331 | 29904 | 30457 | 30509 | 32455 | 32803 | 29438 | 29498 | 42018 | 34643 | 43749 | 34983 | 31784 | 31783 | 44600 | 33968 | 33608 | 45113 | 28460 | 29858 | 45564 | 30755 | 37135 | 30729 | 29345 | 46593 | 34803 | 32321 | 36835 | 33972 | 44602 | 39064 | 44465 | 33934 | 35686 | 42271 | 33124 | 39680 | 45165 | 42911 | 42020 |
| | | | P | | A | | R | | A | | M | | E | | T | | R | | U | | L | | | | | | | | | | S | | P | | E | | C | | T | | R | | A | | L | | $I_t - I_f$ | | | | | | | | | |
| 5034 | 6 | a | - | - | 0,7 | 3,6 | - | 2,3 | 104 | 10 | 8,1 | 4 | 14,8 | - | 0,7 | - | - | 1,7 | - | 10,2 | - | - | - | 1,1 | 6,1 | 0,4 | - | 0,9 | 0,9 | - | 1,1 | - | - | 4,7 | 2,7 | 0,9 | 4,8 | 8,3 | 4,4 | 9,5 | - | 2,5 | - | - | 7 | 0,7 | 1 | 2,7 | 2 | 0,7 | 3 | - | - | 6,1 | 2,5 | 1,1 | 1,1 |
| | 7 | a | - | - | 10,8 | 10,8 | - | 11 | 8,5 | 14,5 | 12,6 | 4,5 | 12,1 | 2,3 | 1,7 | 1,9 | 1,3 | 0,9 | - | 8,8 | 2,3 | 2,2 | 0,6 | 4,5 | 1,7 | 1,9 | 0,9 | 2,7 | - | 0,7 | - | - | 2,9 | - | 0,4 | 9,1 | 11,4 | 3 | 13,2 | 0,9 | 1,7 | - | 3,1 | 5,3 | 0,5 | 1 | 2,6 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | 0,8 | - | 6,5 | 1,9 | 0,7 | 0,5 |
| | 8 | b | - | - | 5,6 | 2,8 | - | 2,8 | 11,2 | 6 | 7,1 | 0,5 | 13,5 | - | - | - | - | 1,7 | - | 5,1 | - | - | 1,1 | 6,7 | - | - | - | - | - | 0,9 | - | - | 3,4 | - | 0,9 | 3,7 | 3 | 5 | 7,9 | - | 2,1 | - | - | 3,7 | 0,5 | 1 | 2,7 | 2,1 | 0,7 | 3 | - | - | 5,1 | 2,3 | 0,6 | 0,5 |
| 4560 | 15 | a | - | - | 6,7 | 3,1 | - | 5,9 | 10,6 | 13,7 | 13,4 | 13,3 | 17,6 | 3,5 | 0,9 | 6,5 | 1,2 | 2,2 | - | 12,3 | 4,2 | - | 0,9 | 6,6 | - | 1,9 | 2,9 | 4,4 | - | 1 | - | - | 2,5 | - | 0,5 | 2,3 | - | 4,1 | 14,1 | 1,3 | 1,5 | 1,1 | 5,6 | 3,1 | 0,4 | 11 | 1,4 | 1,2 | 0,5 | 3,2 | 1,5 | 0,7 | 3 | 0,7 | 0,9 | 0,2 |
| 4564 | 16 | a | - | - | 7,2 | 0,9 | - | 2,3 | 12,8 | 17 | 11,6 | 8 | 15,8 | 1,1 | - | 2,6 | 4,1 | 4 | 2,7 | 10,5 | 2,2 | - | 2,5 | 11,3 | 0,9 | - | 2 | 2,9 | 1,1 | - | 1,6 | 2,4 | 1,5 | - | 1,8 | 1,5 | - | 7,6 | 15,4 | - | 0,5 | 0,2 | 2,5 | 7,9 | 0,3 | - | 2,7 | 0,8 | - | 5,8 | 1,7 | 0,6 | 4,2 | 1 | 0,8 | 0,5 |
| 4240 | 17 | a | - | - | 12,5 | 6,5 | - | 11,1 | 10,5 | 15,2 | 15,5 | 0,4 | 16,9 | 6,7 | 2,4 | 1,3 | 2,4 | 1,1 | 0,9 | 11,3 | 6,2 | 2,6 | 1 | 4,3 | 0,5 | 2,5 | 4 | 6,5 | - | 1,9 | - | - | 1,2 | 0,6 | - | 1,8 | 1,2 | 2,9 | 16,2 | 2,1 | 0,9 | - | 8,2 | 4,4 | - | 1,7 | 2,1 | 0,8 | 0,5 | 1,6 | 2 | 0,5 | 6 | 0,8 | 0,6 | 0,8 |
| | 18 | c | - | - | 10,5 | 4,5 | - | 6,3 | 12,4 | 8 | 15,3 | 4,2 | 18,5 | 1,7 | 1 | - | - | 3,2 | - | 9,3 | 5,8 | - | 1,7 | 7,1 | - | 0,9 | 10,9 | 5,6 | - | - | - | - | 2,2 | 1,3 | 1,2 | 5 | 0,9 | 4,6 | 15,8 | 1,5 | 1 | - | 7,6 | 5 | 0,5 | - | 3 | 1,1 | 0,4 | 3 | - | 4,5 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 1,1 |
| 4512 | 19 | d | 0,8 | 1,3 | 8,7 | 4,2 | 1,5 | 11,5 | 12,7 | 9,1 | 14,1 | 12,1 | 14,9 | 6,6 | 3,5 | 2,9 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 5,3 | 5,2 | 0,8 | 0,9 | 7,2 | 2,6 | - | 6,6 | 4,1 | - | - | 2,4 | 0,4 | 2,5 | 5 | - | 1,4 | 3,3 | 1,3 | 0,9 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 4,8 | 7,6 | 0,3 | - | 3,1 | 1 | 0,5 | - | - | 2,6 | 4,6 | 0,8 | 0,5 | 0,5 |
| 4513 | 20 | a | - | - | 4,8 | 1,1 | 12,5 | 1,1 | 11,4 | 12,8 | 6,5 | 2,9 | 15,9 | 0,6 | - | - | 0,7 | 2,7 | - | 11,8 | - | - | - | 5,4 | - | - | 0,9 | - | - | 0,9 | - | - | 3,2 | 0,9 | - | 1,9 | - | 6,5 | 7,7 | - | 1,9 | - | 1,9 | 5,9 | 0,5 | 0,6 | 3,2 | 1,4 | 0,6 | 4,1 | - | - | 5,3 | 2 | 0,9 | 1,8 |
| | 21 | d | - | 1,3 | 11,5 | 9,6 | - | 3 | 7,2 | 16,3 | 11,6 | 3,1 | 18,8 | 10 | 5,8 | 4,6 | 8,1 | 4 | 4,3 | 14,9 | 7,7 | 4,8 | - | 13,3 | 1,9 | 2,5 | 4,5 | 7,5 | 1,6 | 2,5 | 2,2 | 4,8 | 2,2 | 1,4 | - | 2,6 | 2,7 | 2,1 | 1,7 | 4,4 | 0,8 | 3,9 | 9,2 | 4,4 | - | 2,8 | 2,9 | 1 | 1,6 | 3,3 | 0,8 | 7,7 | 0,8 | - | - |
| 6012 | S | arbacid | 0,4 | - | 6,4 | ∞ | 0,8 | - | - | 0,4 | 2 | 6,5 | 1 | 2,5 | - | 1,7 | - | - | - | 5,3 | 0,4 | - | - | 3,1 | 8,1 | - | 0,7 | - | - | - | - | - | - | 0,9 | - | - | 2,3 | - | 9,8 | 4,6 | 0,4 | - | - | 0,4 | 2,9 | - | - | 1,1 | 0,9 | 0,3 | 1,9 | - | 0,3 | 0,3 | 0,3 | - | 0,3 |
| 5034 | C | arbacid | - | - | 3,4 | 1,8 | - | - | - | 0,6 | 4,9 | 0,8 | 10,1 | 0,7 | - | - | - | 11,2 | 0,4 | 11,5 | 2,5 | - | - | 1,8 | 4,6 | 2,4 | 6,4 | 0,5 | 0,5 | 1,9 | 0,5 | - | 7,2 | 1,1 | - | 2,1 | 1,8 | 7,1 | 6,3 | - | 7,7 | 4 | 0,4 | 10 | - | - | 1,5 | 4,4 | 2,5 | 11,7 | 0,4 | - | 4,3 | 6,4 | 2,9 | 3,8 |

S - sare; C - cocs

*Tabelul 3*

| Nuclidul radioactiv | Timpul de înjumătățire, ani | Radiația emisă | Energia emisă, MeV | Nuclidul stabil (fiică) | Proveniența [8] radionuclidului în apa din zăcămînt |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{48}_{20}Ca$ | $>2{,}00 \cdot 10^{16}$ | $\beta^-$ | | nu are | naturală, vine din „∞", din plasma genezei Terrei |
| $^{40}_{19}K$ | $1{,}31 \cdot 10^9$ | $\beta^-$(88 %)<br>$\beta^+$(12 %) | 1,325 | $^{40}_{20}Ca$<br>$^{40}_{18}Ar$ | naturală |
| $^{129}_{53}I$ | $1{,}72 \cdot 10^7$ | $\beta^-$<br>$\gamma$ | 0,120<br>0,040 | $^{129}_{54}Xe$ | din dezintegrarea spontană a U și din Te$\rightarrow\beta^-$ |
| $^{36}_{17}Cl$ | $0{,}44 \cdot 10^6$ | $\beta^-$ | 0,716 | $^{36}_{18}Ar$ | din bombardarea Cl cu $n$, $\gamma$, $d$, $p$ |
| $^{14}_{6}C$ | 5 720 | $\beta^-$ | 0,155 | $^{14}_{7}N$ | din bombardarea B, C, N, O, cu $\alpha$, $n$, $\gamma$, $p$, $d$ |
| $^{22}_{11}Na$ | 2,6 | $\beta^+$ | 0,542 | $^{22}_{10}Ne$ | din bombardarea C, F, Ne, Mg, Al, Fe, cu $\alpha$, $n$, $\gamma$, $d$, $p$ |

găm, prin prisma radioactivității, și compoziția chimică a apei de zăcămînt, pentru care s-a procedat la obținerea „sării solide", care a fost cercetată prin metodologia analizei chimico-spectrale de emisie, metoda semicantitativă [1 ; 10], datele de compoziție fiind menționate în tabelul 2. Mărimile parametrului spectral $I_t - I_f$ resubliniază participarea elementelor chimice menționate în tabelul 1, reliefînd și gruparea elementelor, făcută de V.M. Goldsmith, după capacitatea lor migratoare [14 ; 20] și scoțînd în evidență și rolul hidratabilității în distribuția elementelor [9 ; 14]. Reține atenția prezența lantanidelor [6], opt din cele patrusprezece ale grupei, și anume cele cu grad ridicat de hidratabilitate [9]. Paralelizînd participarea lantanidelor în apa de zăcămînt și în roca colectorului se poate observa o similitudine, ilustrînd faptul că în condițiile din zăcămînt apa a „lucrat" de-a lungul timpului geologic, realizîndu-se o participare „oarecum echilibrată" a elementelor chimice între cele două medii polare : molecula de apă și rețelele cristaline ale mineralelor prezentate în lucrarea [18]. Participarea uraniului în apa de zăcămînt este oarecum similară cu cea din carotele investigate (tab. 2), subliniind rolul alcătuirii structurale atît a uraniului, cît și a apei. În lucrarea [20] se menționează că variația concentrațiilor uraniului și izotopilor lui în apele de zăcămînt este însoțită de variația celorlalți componenți din apa de zăcămînt (Cl, F, Rn ș.a.). Apa cloro-calcică din doggerul de la Mitrofani este radioactivă pe seama uraniului și a celorlalți radionuclizi menționați în tabelul 3, la care se pot adăuga și radionuclizii aparținînd elementelor chimice Rb, Zr, In, La, Nd, Sm, Eu, identificate în „sarea" obținută din apa de zăcămînt. În tabelul 2 în „sarea" apei de zăcămînt „lipsesc" unele elemente chimice, pe de-o parte din faptul că pentru elemente ca Fe, Co, Ni, Cr, Si, Al ș.a. s-au folosit linii spectrale mai slabe ca intensitate [1 ; 10], pentru a pune în evidență concentrația lor mai crescută, iar, pe de altă parte, pentru elemente ca Th, Bi, Re, W, Te, Sn ș.a. s-a folosit prima linie spectrală, care indică o

concentrație mai redusă. Sînt elemente chimice ca Th, Bi, Re, W, care sînt stabile față de acțiunea fizico-chimică a apei și, ca atare, nu au putut fi îndepărtate din rețelele cristaline, lipsind deci din apa de zăcămînt.

Încă de la geneză, spațiul poros-permeabil s-a aflat saturat cu apă mineralizată. În îndelungatul timp geologic, sub imperiul parametrilor ecuației fundamentale a energiei și în baza legii conservării energiei, între cele două medii polare în contact — roca și apa — s-a statornicit o stare de cvasiechilibru ionic.

Gradul de stabilitate a atomilor, ionilor, moleculelor și elementelor de rețea cristalină, faptul dacă sistemul de-a lungul timpului geologic și-a păstrat volumul constant sau nu, sub influența temperaturii și a presiunii, între mediile polare în contact s-a desfășurat [14] un activ schimb de ioni care, la deschiderea zăcămîntului, adusese sistemul la o stare de cvasiechilibru ionic, cum observăm că s-a aflat apa de zăcămînt și mediul solid poros-permeabil al sistemului pe care începem să-l exploatăm la Mitrofani.

Sistemul de hidrocarburi fluide va fi prezentat, mai întîi, prin compoziția chimică a fazei gazoase (tab. 4). Prin compoziția sa procentuală, faza gazoasă analizată este caracteristică zăcămintelor de gaze cu condensat, bordate de zone cu țiței saturat cu gaze [5; 7; 14]. Reține atenția prezența heliului asupra căruia insistăm puțin, pentru că doggerul în structura Mitrofani este radioactiv [18].

Heliul este produsul dezintegrării spontane a $^{238}U$, $^{235}U$ și $^{232}Th$ sau, mai detaliat, a întregilor lor serii [4; 8; 9]. La dezintegrarea spontană a U și Th se formează $\alpha$ — particule. Majoritatea $\alpha$ — particulelor este „frînată" de către materia „învecinată", particulele obținînd 2 electroni devin atomi de heliu, după [4] ecuația:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He^{2+} \qquad (1)$$

caracteristică, în general, pentru $Z > 83$. O parte din $\alpha$—particule ($\sim 1 : 1\,000$) reacționează cu nucleele elementelor „vecine", în principal cu nucleele elementelor ușoare, aflate în cantitate însemnată în sistemul analizat (tab. 1—3). Unele din aceste interacțiuni — ($\alpha$, $n$) reacții — conduc la apariția în sistem a fluxului de neutroni. În complementarea acestui flux neutronii apar și prin dezintegrarea spontană și scindarea de tip neutrono-indus a izotopilor uraniului. O parte a fluxului de neutroni generează energia termică [4; 9; 19; 20], de aceea în sistemul doggerului din structura Mitrofani temperatura de zăcămînt varia între 140 și 150°C. Interacțiunea neutronului termic cu izotopul ușor al Li conduce la formarea He, după [19] ecuația:

$$^{6}Li + n \rightarrow \alpha + {}^{3}H;\ {}^{3}H \xrightarrow{\beta^-} {}^{3}He. \qquad (2)$$

Fluxul de neutroni, prin acționarea $\alpha$ — particulelor cu nucleele elementelor ușoare, sub formă

*Tabelul 4*

| Componentul | % participare | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 4,38 | — | — | — | — | — | — | — |
| He | 0,11 | — | — | — | — | — | — | — |
| $CO_2$ | 1,33 | 0,20 | 2,40 | 4,40 | 5,60 | 3,00 | 6,00 | 26,00 |
| $CH_4$ | 86,61 | 93,73 | 90,87 | 88,66 | 85,98 | 96,48 | 86,32 | 72,30 |
| etan | 5,05 | 4,13 | 4,77 | 4,94 | 5,29 | 0,29 | 5,25 | 1,50 |
| propan | 1,33 | 1,13 | 1,38 | 1,26 | 1,50 | 0,08 | 1,42 | 0,15 |
| *i*-butan | 0,24 | 0,21 | 0,17 | 0,24 | 0,32 | 0,02 | 0,26 | 0,01 |
| *n*-butan | 0,36 | 0,31 | 0,24 | 0,30 | 0,53 | 0,04 | 0,37 | 0,02 |
| *i*-pentan | 0,13 | 0,13 | 0,08 | 0,10 | 0,25 | 0,03 | 0,14 | 0,01 |
| *n*-pentan | 0,11 | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,21 | 0,02 | 0,13 | 0,01 |
| hexan+ | 0,35 | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,18 | 0,04 | 0,07 | — |
| heptan+ | — | — | — | — | 0,05 | — | 0,04 | — |
| Sonda nr. | 5034 | | | | | 4512 | | |
| Data | 20.VII.1978 | 09.I.1979 | 11.I.1979 | 12.I.1979 | 15.I.1979 | 06.I.1978 | 07.I.1978 | 18.I.1978 |

— nu s-a determinat

teoretică [19], este dat de ecuația:

$$(^3He/^4He)_{teor.} = n_f \left( \frac{\sum_k q_k S_k N_k}{\sum_i S_i N_i} \cdot \right.$$

$$\left. \cdot 10^{-6} \right) P_{T^\circ} \left( \frac{\sigma_{Li} N_{Li}}{\sum_i \sigma_i N_i} \right), \qquad (3)$$

unde:

$n_f$ este un factor luînd în considerație contribuția neutronilor care se formează prin dezintegrarea spontană și indusă a uraniului; pentru roci cu conținut de uraniu apropiat de starea de clark (este și cazul de la Mitrofani [18]) mărimea lui $n_f = 1{,}13 - 1{,}18$;

$q$ — emiterea de neutroni sub acțiunea $\alpha$—particulelor, în $10^6$ $\alpha$ — particule;

$S$ — capacitatea de frînare relativă a elementului;

$N$ — numărul de atomi ai elementului, într-un gram de rocă;

$\sigma$ — secțiunea de captare a neutronilor termici de către nucleul elementului, în barn $= 10^{-24}$ cm$^2$;

$P_{T^\circ}$ — probabilitatea de atingere de către neutroni a energiei termice (pentru roci cu conținut mediu $P_{T^\circ} \simeq 0{,}8$).

În această ecuație prima paranteză reprezintă emiterea însumată a neutronilor în rocă, care revin unei $\alpha$—particule, a doua paranteză reprezintă probabilitatea formării $^3He$, după ecuația (2).

În amestecurile naturale [8; 9; 19] $^4He$ participă cu 99,9999 %, iar $^3He$ cu $1{,}39 \cdot 10^{-4}$ % și de aceea în analizele geochimice izotopice se urmărește raportul $^3He/^4He$, în $10^{-4}$, pentru diferitele medii de investigat, pentru că acest raport este variabil, funcție de condițiile fizico-chimice ale genezei, de condițiile de „mișcare-transformare" din natură [19; 20].

Randamentul emiterii este de reținut; un atom de U generează opt atomi de He, un atom de Ra dă șase atomi de He, iar unul de Th șase de He. Formarea heliului în scoarța terestră are loc în mod continuu și în cantități însemnate, astfel că se apreciază [19; 20] că 1 km$^3$ de rocă uraniferă, într-un an, poate da aproximativ 3 300 cm$^3$ de heliu.

Heliul are o solubilitate scăzută în apă: 100 volume de apă, la 20°C, solubilizează doar 1,4 volume de heliu. În atare situație, în natură, nu pot apărea „zăcăminte de heliu". În situația în care apa, conținînd în soluție heliu, intră în relații fizico-chimice cu o atmosferă gazoasă oarecare—liberă—, atunci, după legitățile fizico-chimice începe „curgerea" heliului din apă în această „atmosferă" gazoasă. Această curgere va continua pînă cînd se stabilește „echilibrul dinamic" derivat din legea presiunilor parțiale dintre heliul aflat în stare gazoasă în interiorul „atmosferei gazoase" și heliul care rămîne în soluția apoasă. În acest mod [20], pentru ca heliul să poată exista în stare gazoasă (tab. 4) în zăcămînt este necesară prezența unei atmosfere gazoase formate dintr-un gaz aflat în sistem în cantități mari, cum este cazul și la Mitrofani, a prezenței $CH_4$, $CO_2$,N. Apele zăcămintelor de țiței și/sau gaze [20] se caracterizează prin conținuturi ridicate de heliu, atunci cînd sîntem în prezența unui puternic sistem tectonic adînc, cum este și cazul sistemului de la Mitrofani [18].

Îmbogățirea apelor de zăcămînt în heliu se observă [20] mult mai intens în cazul rocilor poros-permeabile, cazul și de la Mitrofani, explicat prin „măcinarea" mineralelor radioactive [18] la mărimi în gama 0,003 mm, așa cum indică și microfotografia scanning din figura 4.

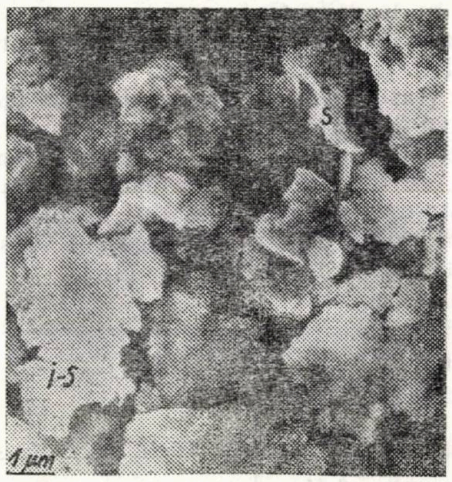



Fig. 4 Stereomicrofotografie, carota 7.

În etapa actuală se apreciază [20] că răspîndirea elementelor radioactive în diferitele tipuri de roci din crusta terestră este cea mai ridicată în rocile eruptive acide ($U - 3{,}5 \cdot 10^{-4}$ %, $Th - 18 \cdot 10^{-3}$%) și cea mai redusă în cele ultrabazice ($U - 3 \cdot 10^{-7}$ %, $Th - 5 \cdot 10^{-7}$ %). În cadrul rocilor complexului sedimentar conținutul cel mai ridicat în radioelemente apare în rocile cu conținut argilos ($U - 4 \cdot 10^{-4}$ %, $Th - 1{,}1 \cdot 10^{-3}$%). În scanningul din figura 4 se observă prezența smectitelor (S) și illitsmectitelor (I—S) „printre restul" mineralelor, parte radioactive, menționate în detaliu în lucrarea [18].

Acțiunea pozitivă a „măcinării" din procesul de sedimentare este legată de creșterea suprafeței specifice a particulelor și, mai ales, de natura chimico-mineralogică a particulelor care facilitează schimbul de ioni în condițiile din zăcămînt [14]. În condiții naturale „măcinarea" particulelor apare ca rezultat al activită-

ţilor de „zdrobire", „transport" şi de „levigare" asupra particulelor de către apele bazinelor de sedimentare, în procesele de hidrodiageneză şi petrodiageneză.

În apele geotermale ale sistemelor tectonice adînci, conţinutul în heliu este important [20]. Dacă apele sînt şi carbogazoase [20], este şi cazul de la Mitrofani, conţinutul în heliu este însemnat (tab. 1 şi 4). În zonele puternic tectonizate şi adînci, acumularea heliului este [20] rezultanta activităţii dezintegrării nucleare de-a lungul timpului geologic, într-un volum cvasi-constant, aceasta fiind şi situaţia din horstul paleozoic din zona Mitrofani—Iancu Jianu [18].

Heliul, în sistemul pe care-l analizăm, se poate reţine că provine din procesul dezintegrării radioactive. În tabelul 4 prezenţa N, în participare nu neglijabilă, solicită şi ea explicaţii. Azotul are [20] o înrudire genetică cu heliul. Demonstraţia acestei origini radioactive este ilustrată în tabelul 3 unde N, ca nuclid stabil, provine din bombardarea cu ($\alpha$, $n$, $\gamma$, $p$, $d$) a B, C, N, O, aflaţi în sistemul analizat. Intensitatea de iradiere într-un sistem cu volum cvasi-constant, cum este doggerul la Mitrofani, este însemnată; în lucrarea [18] s-a arătat că sistemul din doggerul saturat cu hidrocarburi fluide ar fi echivalentul unui reactor natural radioactiv, cu stagiu geologic îndelungat.

Dioxidul de carbon, din tabelul 4, prin gradul de participare, subliniază înrudirea sa genetică cu He şi N, provenienţa lor şi din „emanaţiile" venite din adîncime pe faliile tectonice adînci din structură (fig. 1; 2; 3).

Compoziţia chimică a condensatului din sistemul dogger de la Mitrofani (sonda 5 034) s-a analizat prin metodologia profesorului dr. chim. C. Creangă [2; 3; 12; 17]. Cîteva caracteristici ale fazei condensat sînt prezentate în tabelul 5. Din examinarea datelor se remarcă mărimea relativ scăzută a densităţii, precum şi conţinutul redus de compuşi asfaltici (răşini şi asfaltene). Conţinutul de sulf şi aciditatea sînt reduse la acest lichid.

Pentru cercetarea fracţiunilor înguste de benzină s-a folosit metoda punctului de anilină. La fracţiunea integrală de benzină mărimile pentru analiza pe clase de hidrocarburi sînt obţinute prin calcul. Caracteristicile şi compoziţia pentru fracţiunile de benzină sînt redate în tabelul 6. De remarcat conţinutul ridicat de hidrocarburi naftenice, care depăşeşte pe cel de hidrocarburi parafinice, în primele trei fracţiuni. Reţine atenţia participarea hidrocarburilor aromatice în fracţiunea 122—150°C; în acest interval distilă xilenii—componente polare specifice condensatului [11; 14].

*Tabelul 5*

**Caracteristici fizico-chimice ale condensatului**

| | |
|---|---|
| Densitatea, la 20°C | 0,816 |
| Aciditatea organică, mg KOH/g ţiţei | 0,045 |
| Conţinut de ceruri, % masă | 5,500 |
| Conţinut de sulf, % masă | 0,220 |
| Conţinut de compuşi asfaltici, % masă | 3,420 |

*Tabelul 6*

**Caracteristici şi compoziţie pentru fracţiunile de benzină**

| Fracţiunea, °C | Randament, % masă | $d_4^{20}$ | $n_D^{20}$ | Analiza pe clase de hidrocarburi, % volum | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $C_P$ | $C_N$ | $C_A$ |
| 60—95 | 1,5 | 0,7368 | 1,4165 | 33,4 | 61,6 | 5,0 |
| 95—122 | 5,3 | 0,7565 | 1,4255 | 35,0 | 57,5 | 7,5 |
| 122—150 | 6,4 | 0,7700 | 1,4340 | 19,4 | 55,6 | 25,0 |
| 150—200 | 14,6 | 0,7793 | 1,4378 | 52,5 | 35,0 | 12,5 |
| 60—200 | 27,8 | — | — | 40,3 | 45,7 | 14,0 |

Fracţiunile medii sînt caracterizate (tab. 7) prin distribuţia atomului de carbon în cele trei structuri: parafinică, naftenică şi aromatică. Este de remarcat conţinutul extrem de ridicat în fracţiuni medii. Carbonul în structurile parafinice are mărimi ridicate. Se menţionează şi creşterea gradului de ciclizare prin creşterea intervalului de distilare.

Fracţiunile superioare (tab. 8) se remarcă prin conţinutul ridicat de carbon în structura parafinică, prin mărimile scăzute ale viscozităţii şi variaţiile mici ale acesteia cu temperatura. În mod deosebit reţine atenţia lipsa componentelor aromatice în ultimele două fracţiuni, consecinţă a ruperii dublei legături.

Cu aceste date de analiză condensatul obţinut din sonda 5 034 (tab. 9) se integrează, după clasificarea C. Creangă, în clasa parafin-naftenică a hidrocarburilor lichide.

Pentru a cunoaşte ce elemente chimice mai participă în componenţa fracţiunii lichide a condensatului s-a procedat la obţinerea cocsului din fracţiunea rămasă la $T > 450$°C, care a fost cercetată [16] prin analiza chimico-spectrală de emisie, metoda semicantitativă, datele analizei fiind concentrate în tabelul 2. În procesul de cocsare, mai ales la temperaturi ridicate, are loc [16] o concentrare a elementelor radioactive şi refractare în reţele organometalice.

*Tabelul 7*

| Fracțiunea, °C | Randament, % masă | $d_4^{20}$ | $n_D^{20}$ | $M$ | % sulf | Gradul de ciclizare | | | Analiza pe clase de hidrocarburi, % volum | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $R_T$ | $R_N$ | $R_A$ | $C_P$ | $C_N$ | $C_A$ |
| 200—250 | 14,5 | 0,8096 | 1,4550 | 180 | 0,21 | 0,67 | 0,36 | 0,31 | 69,4 | 16,4 | 14,4 |
| 250—300 | 13,9 | 0,8307 | 1,4652 | 217 | 0,25 | 0,91 | 0,52 | 0,399 | 65,5 | 20,5 | 14,0 |
| 300—350 | 16,0 | 0,8404 | 1,4690 | 265 | 0,28 | 1,07 | 0,73 | 0,34 | 77,4 | 22,8 | 10,8 |

*Tabelul 8*

| Fracțiunea, °C | Randament, % masă | $d_4^{20}$ | $n_D^{20}$ | $M$ | % sulf | Gradul de ciclizare | | | Analiza pe clase de hidrocarburi, % volum | | | Viscozitatea cinematică, $cSt$, la | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $R_T$ | $R_N$ | $R_A$ | $C_P$ | $C_N$ | $C_A$ | 40°C | 70°C | 100°C |
| 350—400 | 10,5 | 0,8205 | 1,4508 | 321 | 0,31 | 1,61 | 1,49 | 0,12 | 59,4 | 39,8 | 0,80 | 8,34 | — | 2,55 |
| 400—450 | 11,3 | 0,8281 | 1,4525 | 393 | 0,34 | 1,93 | 1,93 | 0,00 | 65,2 | 34,2 | 0,00 | 14,76 | — | 3,64 |
| 450 | 6,0 | 0,8426 | 1,4578 | 480 | 0,40 | 2,84 | 2,84 | 0,00 | 64,1 | 35,9 | 0,00 | — | 13,06 | 6,48 |

*Tabelul 9*

**Clasificarea chimică, după C. Creangă**

| Indicii | | Clasa | Grupa |
|---|---|---|---|
| structurali | de calitate | | |
| $\%C_P^t = 65,0$ | $c = 5,50$ | Parafin-naftenic | Cerosputin răşinos-nesulfuros |
| $\%C_N^t = 31,8$ | $r = 3,42$ | | |
| $\%C_A^t = 3,2$ | $s = 0,22$ | | |
| | $d$=27,80% | | |

Analiza chimico-spectrală de emisie pentru cocsul obţinut la 1 200°C pune în evidenţă prezenţa în concentraţie net mai ridicată [1 ; 10], faţă de rocă şi apa de zăcămînt, a elementelor radioactive U, Th, Re, W, Lu, Eu, In. Se poate reţine deci, că sistemul de hidrocarburi lichide are în compoziţia sa un procent însemnat de elemente chimice radioactive.

În sistemul acesta complex rocă-fluid se poate observa (tab. 2) participarea însemnată a radionuclizilor [17].

În sistemul dogger de la Mitrofani este importantă participarea catalizatorilor naturali de tip zeolitic şi montmorillonitic [18].

În lucrarea [17] s-a arătat că energia adusă în sistem de radionuclizi (a se vedea tabelul 12 al lucrării) depăşeşte cu mult pe cea necesară proceselor termocatalitice de prelucrare a hidrocarburilor, pentru care sînt necesare energii de pînă la 100—120 kcal/mol. Ţinînd seama că 23 kcal/mol echivalează cu 1 eV/atom şi că în dezintegrarea nucleară a U se obţin energii de 4,1—4,2 MeV, la Th de 3,9 MeV (fără a include pe ceilalţi radionuclizi), se poate reţine că în acest zăcămînt a existat destulă energie care să transforme „in situ" hidrocarburile naturale, mai ales de-a lungul unui timp geologic în gama a $150 \cdot 10^6$ ani, cînd volumul incintei de transformare a rămas constant.

În baza legii conservării energiei, care statuează că „într-un sistem închis-izolat energia păstrează o mărime constantă (se conservă) şi dispariţia sau diminuarea cantitativă a unor forme de energie este însoţită de apariţia unor cantităţi echivalente din alte forme", se explică adîncile transformări ale materiei din cadrul zăcămîntului dogger de la Mitrofani.

În spaţiul de pori al zăcămîntului dogger de la Mitrofani — polar, catalitic şi radioactiv — s-au aflat o apă interstiţială polară şi radioactivă şi un sistem de hidrocarburi polar şi radioactiv, de-a lungul unui timp geologic însemnat, condiţii care fundamentează transformarea materiei organice, atît pentru faza gazoasă, aşa cum s-a arătat anterior, cît şi pentru condensatul adus în clasa parafin-naftenică a hidrocarburilor.

Ruperea ciclurilor cu simplă şi dublă legătură s-ar putea asocia cu influenţa catalizatorilor radioactivi şi cu energia termică rezultată din dezintegrarea radionuclizilor, fapt ce poate explica creşterea participării (tab. 9) carbonului parafinic, % $C_P^t$, şi reducerea celui aromatic, % $C_A^t$, şi naftenic, % $C_N^t$.

Ciclizarea, observată în tabelul 7, s-ar putea asocia cu mecanismul de cataliză generat de prezenţa radionuclizilor, după schema propusă în lucrarea [9]:

$$n.CH_2 \rightarrow C_nH_{2n}; \quad (4)$$

$$C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}. \quad (5)$$

Energia transformării radionuclizilor din sistemul dogger de la Mitrofani, efectuată la $V$ = constant, nu putea să ducă, în zăcămînt, decît la temperaturi în gama 140—150°C, presiuni de ordinul 700—750 bar, generînd pentru zăcămînt [13] capacitate energetică mare, transformînd sistemul de hidrocarburi [12] la tipul zăcămintelor de gaze cu condensat, bordate de zone cu ţiţei saturat cu gaze.

Dacă în incinta închisă a zăcămîntului dogger, exploatat la temperatură constantă, presiunea ar fi fost superioară presiunii de început de condensare, prin spaţiul poros-permeabil-polar s-ar fi deplasat doar faza gazoasă, cu toate avantajele pe care le aduce mişcarea unui fluid monofazic. Scăderea vertiginoasă a presiunii la sondele 4 512 şi 5 034 a amplificat căderea de presiune din domeniul condensării retrograde, în care creşterea procentului de fază lichidă-condensat a urcat intens, antrenînd prin mişcarea bifazică o creştere şi mai accentuată a pierderii de presiune din sistem.

În domeniul comportării retrograde au avut loc transformări structurale asupra fazei condensat [14], în sistem apărînd xilenii, toluenul, benzenul şi alte structuri polare-active în schimbul ionic în condiţii de zăcămînt [11] care, umflînd particulele polare ale mediului solid [18], au redus porozitatea şi, implicit, permeabilitatea, antrenînd o scădere accentuată atît a producţiei de condensat, cît şi de gaze, modificînd continuu compoziţia chimică a acestora.

Exploatarea zăcămintelor de gaze cu condensat bordate de zone cu ţiţei este o problemă de fizico-chimie structurală, în care legile severe ale mişcării materiei reale ne obligă să dimensionăm adecvat tehnologia exploatării acestor zăcăminte.

**Bibliografie**


[1] Ahrens, L. H., Taylor, S. R. *Spectrochemical analysis.* II-nd edition. Addison-Wesley, Publ. Co.-London, 1961.

[2] Creangă, C. *Les pétroles bruts roumains dans la classification Carpatica.* Ed. Acad. R.P.R., t. VII, nr 1, 1962.

[3] Creangă, C. *Chimia ţiţeiului.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1962.

[4] Keller, K. *Radiohimia.* Atomizdat, Moskva, 1978.

[5] Kuldjaev, B. A., Serghienko, S. R. *Gazokondensati.* Ilmin, Ashabad, 1979.

[6] Mineev, D. A. *Lantanoidi v mineralah.* Nedra, Moskva, 1969.

[7] Mirzadjanzade, A. H. ş.a. *Razrabotka gazokondensatnih mestorojdenii.* Nedra, Moskva, 1967.

[8] Nesmeianov, A. N. *Polucenie radioaktionih izotopov.* Goshimizdat, Moskva, 1954.

[9] Nesmeianov, A. N. *Radiohimia.* Iz. Himia, Moskva, 1972.

[10] Pârcălăbescu, D. I. *Contribuţie la cunoaşterea compoziţiei chimice a apelor de zăcămînt din structura Moreni-Gura Ocniţei.* Petrol şi Gaze, **22**, nr. 1, 1971.

[11] Pârcălăbescu, D. I. *Umflarea mineralelor argiloase polare prin contact cu hidrocarburile polare din condensat şi implicaţii în procesul de exploatare a zăcămintelor.* Buletinul Institutului de Petrol şi Gaze, Ploieşti, **21**, 1974.

[12] Pârcălăbescu, D. I. *Cîteva consideraţii fizico-chimice şi geochimice asupra unor ţiţeiuri din România.* Mine, Petrol şi Gaze, **30**, nr. 10, 1979.

[13] Pârcălăbescu, D. I. *Asupra energiei sistemelro de hidrocarburi fluide în condiţii de zăcămînt.* Mine, Petrol şi Gaze, **30**, nr. 11—12, 1979.

[14] Pârcălăbescu, D. I. *Proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.

[15] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Consideraţii petrologice în legătură cu formarea pegmatitelor din batolitul Leu—Balş—Mogoşeşti.* Mine, Petrol şi Gaze, **36**, nr. 6, 1985.

[16] Pârcălăbescu, D. I. *Asupra compoziţiei chimico-structurale a cocsurilor obţinute în laborator din ţiţeiurile structurii Moreni—Gura Ocniţei.* Mine, Petrol şi Gaze. **37**, nr. 8, 1986.

[17] Pârcălăbescu D. I., Brebeanu, Gh., Nistor, I. *Asupra alcătuirii chimico-structurale a ţiţeiurilor din structura Măgurele—Mălăieşti şi unele supoziţii de geneză.* Mine, Petrol şi Gaze, **39**, nr. 11, 1988.

[18] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a mediului solid din structura Mitrofani.* Mine, Petrol şi Gaze, **40**, nr. 1, 1989.

[19] Tolstihin, I. N. *Izotopnaia gheohimia ghelia, argona i redkih gazov.* Nauka, Leningrad, 1986.

[20] Zverev, V. L. *Radioizotopnaia gheohimia.* Nedra Moskva, 1980.

# Construcţia, dimensionarea şi performanţele schimbătoarelor de căldură cu plăci

Conf. dr. ing. D. Dobrinescu

Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

Schimbătoarele de căldură cu plăci sînt cunoscute de mai mult timp, dar numai în ultimul deceniu utilizarea lor s-a extins în numeroase ţări şi în numeroase domenii. Acest lucru este datorat avantajelor pe care le prezintă schimbătoarele de căldură cu plăci, în raport cu schimbătoarele de căldură clasice. Considerăm utilă prezentarea unei sinteze privind aspectele constructiv-funcţionale ale schimbătoarelor de căldură cu plăci, principalele relaţii de calcul necesare dimensionării acestora, domeniile de utilizare şi performanţele corespunzătoare, în raport cu schimbătoarele de căldură clasice.

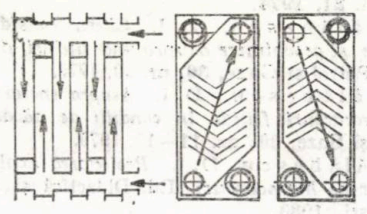


Fig. 1. Schema de principiu a schimbătorului de căldură cu plăci, comun.

## I. Construcţia

În figura 1 este prezentată schema de principiu a celui mai utilizat tip de schimbător de căldură cu plăci [3]. Schimbătorul constă într-un pachet de plăci metalice verticale, printre care circulă cele două fluide, în contracurent, fiecare placă avînd pe o parte fluidul cald, iar pe cealaltă parte fluidul rece. La cele patru colţuri plăcile sînt prevăzute cu degajări circulare, pentru circulaţia fluidelor. Pe o parte a fiecărei plăci sînt ataşate benzi, care au atît rolul de distanţiere, cît şi rolul de garnituri de etanşare între plăci. Banda principală delimitează spaţiul de curgere a unui fluid printre două plăci alăturate, acest spaţiu conţinînd şi degajările circulare pentru intrarea şi ieşirea fluidului respectiv. Celelalte două degajări, exterioare acestui spaţiu, sînt limitate de benzi care formează canalele de curgere pentru cel de-al doilea fluid. Placa finală din stînga este o placă de închidere, iar placa iniţială din dreapta este placa pe care sînt montate cele patru racorduri pentru introducerea şi evacuarea fluidelor. În schema redată, racordurile unui fluid corespund pe diagonală, dar există şi aparate la care corespondenţa racordurilor se face pe verticală. Se constată că ambele fluide circulă în paralel prin toate spaţiile corespunzătoare. În schemă sînt redate cele două tipuri de plăci, care se montează alternativ. Cum fluidele circulă pe diagonale, schimbul de căldură nu se realizează în contracurent pur, ci cu o uşoară încrucişare. Plăcile sînt prevăzute cu ondulaţii, realizate prin presare, în majoritatea cazurilor aceste ondulaţii fiind în formă de V, alternativ de la o placă la alta, cu vîrful în jos sau în sus. Ondulaţiile au rolul de rigidizare a plăcii, de mărire a ariei de transfer şi de intensificare a turbulenţei fluidelor.

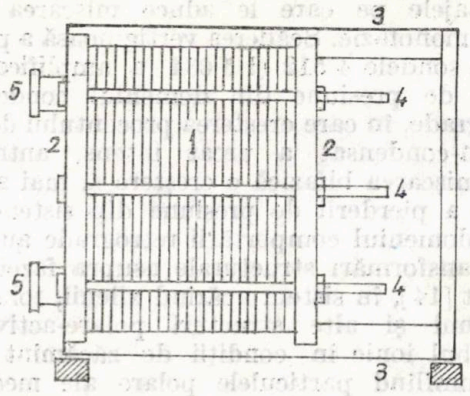



Fig. 2. Vedere de ansamblu a unui schimbător de căldură cu plăci.

În figura 2 este prezentată o vedere de ansamblu a schimbătorului de căldură cu plăci [14]. Pachetul de plăci *1*, între plăci aflîndu-se benzile (garniturile) de distanţare şi etanşare, este strîns între plăcile marginale de solidarizare *2*. Plăcile au în partea superioară şi în partea inferioară nişte degajări care permit înşirarea acestora pe şinele de ghidare *3*. Strîngerea pachetului de plăci, pentru asigurarea etanşărilor, se face prin intermediul mai multor şuruburi periferice *4*. Pe placa frontală sînt montate racordurile *5*, prin care se realizează introducerile şi evacuările celor două fluide. Se constată că sistemul permite modificarea, în ambele sensuri, a numărului de plăci, astfel că poate fi variată uşor aria de transfer de căldură dintre fluide.

Schimbătoarele de căldură cu plăci se utilizează, în majoritatea cazurilor, pentru schimburi de căldură lichid-lichid şi foarte rar pentru răciri sau încălziri de gaze, respectiv pentru vaporizări de lichide sau condensări de vapori. Temperaturile utilizate practic sînt cuprinse

între + 260 și — 250°C, iar presiunile de lucru sînt, obișnuit, sub 20 bar.

Plăcile se realizează din diverse oțeluri aliate cu crom sau nichel, din aliaj de titan, din aluminiu sau cupru și foarte rar din oțel-carbon. Ele au grosimi cuprinse între 1 și 3 mm, lățimi de ordinul 0,2 la 1,4 m și înălțimi de ordinul 0,5 la 4,1 m [1; 7; 13]. Benzile (garniturile) asigură distanțe între plăci cuprinse între 2 și 5 mm și sînt confecționate, în funcție de temperatura maximă de utilizare, din cauciuc stiren-butadienic, cauciuc acrilo-nitril-butadienic, terpolimer etilenă-propilenă, klingherit sau azbest comprimat [1; 12].

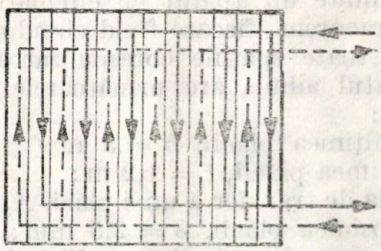


Fig. 3. Circulația fluidelor în paralel prin toate spațiile corespunzătoare.

În marea majoritate a cazurilor, în schimbătoarele de căldură cu plăci, fiecare fluid circulă în paralel prin toate spațiile corespunzătoare, așa cum se redă în figura 3. Se recomandă ca viteza de circulație a lichidelor printre plăci să fie de cîteva zecimi de m/s, pentru asigurarea unui transfer de căldură satisfăcător. Un schimbător cu circulația fluidelor în paralel prin toate spațiile corespunzătoare prezintă avantajul că la fiecare placă circulația fluidelor se face în contracurent și că, racordurile fiind plasate pe o singură placă de margine, modificarea ariei de transfer se face foarte ușor.

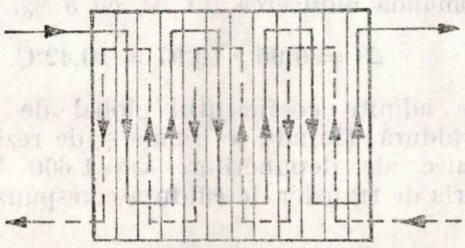


Fig. 4. Circulația fluidelor în serie prin toate spațiile corespunzătoare.

În schema din figura 4, circulația fiecărui fluid se face în serie prin spațiile corespunzătoare, la o placă circulația fluidelor fiind în contracurent sau în echicurent. O astfel de situație poate fi întîlnită atunci cînd debitele volumice ale fluidelor sînt foarte mici. Pentru ca global să se realizeze o circulație în contracurent, un fluid intră în partea stîngă și iese în partea dreaptă, iar celălalt fluid invers, ambele plăci marginale fiind prevăzute cu racorduri. La modificarea numărului de plăci, schimbîndu-se lungimea aparatului, este necesară deplasarea conductelor de legătură.

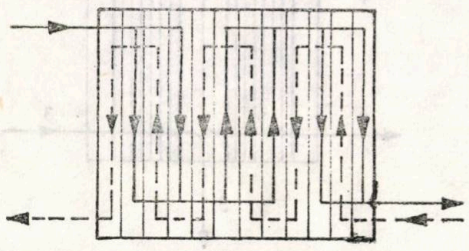


Fig. 5. Circulația mixtă a fluidelor prin spațiile corespunzătoare.

În figura 5 este redată schema unui schimbător cu circulație mixtă, în care un fluid circulă în serie prin toate spațiile corespunzătoare, iar celălalt fluid circulă în serie prin cîte două spații în paralel. Acest aparat prezintă aceleași dezavantaje ca și aparatul cu circulație în serie. Se constată că la ambele aparate este necesar ca unele degajări circulare din plăci să fie total blocate.

În cazul ultimelor două scheme, schimbul de căldură la o placă făcîndu-se fie în contracurent, fie în echicurent, diferența medie de temperatură dintre fluide este mai mică decît în cazul contracurentului. Pentru un număr relativ mare de plăci, diferența medie de temperatură dintre fluide, la curgerea în serie sau mixtă, se stabilește prin înmulțirea diferenței medii logaritmice de temperatură pentru contracurent cu un factor de corecție care depinde de valoarea medie a criteriului *Re* pentru cele două fluide [8; 10]:

| *Re* | 2000 | 4000 | 6 000 | 8 000 | 10 000 | 12 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *F* | 0,57 | 0,68 | 0,75 | 0,81 | 0,83 | 0,84 |

Schimbătoarele de căldură cu plăci pot fi adaptate ușor pentru schimburi de căldură multiflux [1; 11]. În figura 6 este redată schema de principiu a unui schimbător de căldură cu plăci, pentru trei fluxuri de fluide (fluidul *1* schimbă căldură parțial cu fluidul *2* și parțial cu fluidul *3*). Schimbătorul conține două pachete de plăci, între ele fiind plasat un tronson de legătură, la care sînt atașate două racorduri laterale. În figura 7 se prezintă un schimbător de căldură cu plăci multiflux, la care trei pachete de plăci realizează schimburi de căldură între patru fluxuri de fluide, după o schemă caracteristică, avînd utilizare practică în domeniul petrolier.

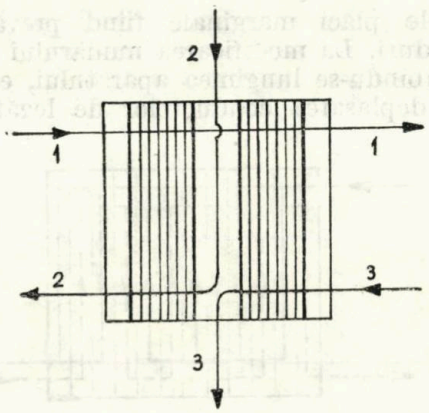



Fig. 6. Schema de principiu a unui schimbător de căldură cu plăci cu trei fluxuri.

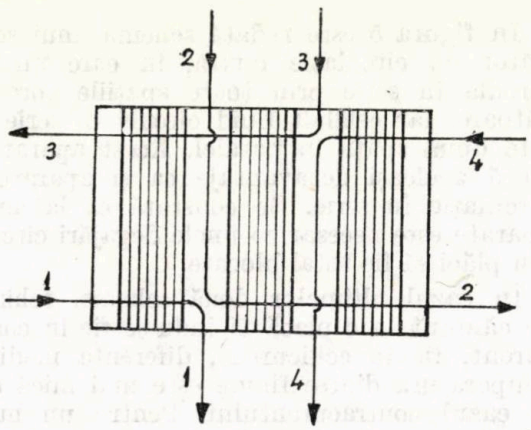



Fig. 7. Schema de principiu a unui schimbător de căldură cu plăci cu patru fluxuri.

## II. Dimensionarea

Pentru a înțelege mai ușor modul de aplicare a relațiilor de calcul referitoare la dimensionarea schimbătoarelor de căldură cu plăci, aceste relații sînt prezentate în paralel cu aplicarea lor numerică pentru un caz concret.

În cele ce urmează, se redă dimensionarea unui schimbător de căldură cu plăci, pentru răcirea a $4 \cdot 10^5$ kg/h apă de recirculare, de la 40 pînă la 30°C, cu apă de rîu, lac sau mare, avînd temperatura inițială 20°C.

Apa caldă, la temperatura medie de 35°C, are următoarele proprietăți fizice: căldura specifică $c = 4{,}17$ kJ/kg°C, densitatea $\rho = 994$ kg/m³, conductivitatea termică $\lambda = 0{,}6255$ W/m°C și viscozitatea dinamică $\mu = 7{,}277 \cdot 10^{-4}$ kg/m·s.

Pentru apa rece se admite temperatura finală 28°C. La temperatura medie de 24°C, această apă are: $c = 4{,}176$ kJ/kg°C, $\rho = 997{,}2$ kg/m³, $\lambda = 0{,}6062$ W/m°C și $\mu = 9{,}195 \cdot 10^{-4}$ kg/m·s.

Fluxul termic schimbat:

$$Q = m \cdot c(t_1 - t_2) = \frac{4 \cdot 10^5}{3\,600} \cdot 4\,170\,(40-30) = 4{,}633 \cdot 10^6 \text{ W}.$$

Debitul masic de apă rece:

$$m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{4{,}633 \cdot 10^6}{4\,176(28-20)} = 138{,}68 \text{ kg/s}.$$

Se admite un aparat cu circulația fluidelor în contracurent, fiecare fluid circulînd în paralel prin toate spațiile corespunzătoare.

Aparatul admis are următoarele date geometrice:

— înălțimea plăcii, $h = 3$ m;
— lățimea plăcii, $l = 1{,}2$ m;
— aria de transfer a unei plăci, $A_p = 2{,}7$ m²
— grosimea plăcii, $\delta = 2{,}5$ mm;
— distanța liberă dintre plăci, $b = 5$ mm
— lungimea de curgere între racorduri (pe diagonală), $L_c = 2{,}9$ m;
— secțiunea de curgere dintre două plăci $S_p = 0{,}0056$ m²;
— diametrul interior al racordurilor, $d_i = 300$ mm.

Diferența medie de temperatură pentru contracurent pur:

$$\Delta t_c = \frac{(40-28)-(30-20)}{\ln \dfrac{40-28}{30-20}} = 10{,}97°\text{C}.$$

Schimbul de căldură neefectuîndu-se riguros în contracurent (curgeri pe diagonale), se recomandă reducerea lui $\Delta t_c$ cu 5 %.

$$\Delta t = 0{,}95 \cdot 10{,}97 = 10{,}42°\text{C}.$$

Se admite coeficientul global de transfer de căldură, ținîndu-se seama și de rezistențele termice ale depunerilor, $k_d = 1\,600$ W/m²°C.

Aria de transfer de căldură corespunzătoare

$$A = \frac{Q}{k_d \cdot \Delta t} = \frac{4{,}633 \cdot 10^6}{1\,600 \cdot 10{,}42} = 277{,}89 \text{ m}^2.$$

Numărul necesar de plăci pentru transfer

$$n = \frac{A}{A_p} = \frac{277{,}89}{2{,}7} \approx 104 \text{ plăci}.$$

Corespund 105 spații de curgere, dintre care 52 pentru apa caldă și 53 pentru apa rece.

Lungimea aparatului, fără plăcile extreme de solidarizare :

$$L = n \cdot \delta + (n+1) \cdot b =$$

$$= 104 \cdot 2{,}5 + 105 \cdot 5 = 785 \text{ mm}.$$

Recalcularea ariei de transfer și a coeficientului global de schimb de căldură :

$$A = 104 \cdot 2{,}7 = 280{,}8 \text{ m}^2,$$

$$k_d = \frac{4{,}633 \cdot 10^6}{280{,}8 \cdot 10{,}42} = 1\,583 \text{ W/m}^2\text{°C}.$$

Viteza apei calde între plăci :

$$w = \frac{m}{\rho \cdot S_p \cdot 52} = \frac{4 \cdot 10^5}{3\,600 \cdot 994 \cdot 0{,}0056 \cdot 52} =$$

$$= 0{,}38387 \text{ m/s}.$$

Viteza apei reci între plăci :

$$w = \frac{m}{\rho \cdot S_p \cdot 53} = \frac{138{,}68}{997{,}2 \cdot 0{,}0056 \cdot 53} =$$

$$= 0{,}46856 \text{ m/s}$$

(se recomandă pentru lichide valori sub 0,8 m/s).

Viteza medie a apei calde în racorduri :

$$w = \frac{m \cdot 4}{\rho \cdot \pi \cdot d_i^2} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 4}{3\,600 \cdot 994 \cdot \pi \cdot 0{,}3^2} =$$

$$= 1{,}5814 \text{ m/s}.$$

Viteza medie a apei reci în racorduri :

$$w = \frac{138{,}68 \cdot 4}{997{,}2 \cdot \pi \cdot 0{,}3^2} = 1{,}9674 \text{ m/s}$$

(aceste viteze sînt acceptabile).

*Coeficientul de convecție pentru apa caldă*

Diametrul echivalent al secțiunii de curgere :

$$d_e = 4\frac{S}{P} = 4\frac{l \cdot b}{2(l+b)} \approx 2 \cdot b = 2 \cdot 5 = 10 \text{ mm}.$$

$$Re = \frac{d_e \cdot w \cdot \rho}{\mu} = \frac{0{,}01 \cdot 0{,}38387 \cdot 994}{7{,}277 \cdot 10^{-4}} = 5\,243,$$

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4\,170 \cdot 7{,}277 \cdot 10^{-4}}{0{,}6255} = 4{,}85.$$

În continuare se prezintă relații specifice, pentru calcularea coeficientului de convecție, care duc la rezultate apropiate [1; 5; 12].

a. $$Nu = C \cdot Re^n \cdot Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p}\right)^{0{,}14}, \quad (1)$$

$Re = 0{,}1 \div 20$ ; $C = 0{,}63336$ ; $n = 0{,}33926$,

$Re = 20 \div 360$ ; $C = 0{,}28739$ ; $n = 0{,}60303$,

$Re = 360 \div 8\,000$ ; $C = 0{,}12645$ ; $n = 0{,}74250$.

b. $$Nu = C \cdot Re^n \cdot Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p}\right)^{0{,}14}, \quad (2)$$

$Re < 150$ ; $C = 0{,}6$ ; $n = 0{,}5$,

$Re > 150$ ; $C = 0{,}45$ ; $n = 0{,}61$,

c. $$Nu = 0{,}2536 \cdot Re^{0{,}65} \cdot Pr^{0{,}4}. \quad (3)$$

Raportul dintre viscozitatea fluidului, la temperatura sa medie și viscozitatea fluidului, la temperatura medie, a plăcii, la puterea corespunzătoare, este practic egal cu unu.

Prin aplicarea primei relații, se obține :

$$\alpha_e = \frac{\lambda}{d_e} \cdot Nu = \frac{0{,}6255}{0{,}01} \cdot 0{,}12645 \cdot$$

$$\cdot 5243^{0{,}7425} \cdot 4{,}85^{1/3} = 7\,736 \text{ W/m}^2\text{°C}.$$

*Coeficientul de convecție pentru apa rece*

$$Re = \frac{d_e \cdot w \cdot \rho}{\mu} = \frac{0{,}01 \cdot 0{,}46856 \cdot 997{,}2}{9{,}195 \cdot 10^{-4}} = 5082$$

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4\,176 \cdot 9{,}195 \cdot 10^{-4}}{0{,}6062} = 6{,}334$$

$$\alpha_r = \frac{0{,}6062}{0{,}01} \cdot 0{,}12645 \cdot 5\,082^{0{,}74250} \cdot$$

$$\cdot 6{,}334^{1/3} = 8\,007 \text{ W/m}^2\text{°C}.$$

*Coeficientul global de transfer*

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + R_{d_c} + \frac{\delta}{\lambda} + R_{d_r} + \frac{1}{\alpha_r}}.$$

Pentru plăcile din oțel aliat $\lambda = 16$ W/m²°C.

Se admit următoarele rezistențe termice ale depunerilor :

— apa caldă : $R_{d_c} = 0{,}00006$ m²°C/W ;

— apa rece : $R_{d_r} = 0{,}00009$ m²°C/W.

$$k_d =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{7\,736} + 0{,}00006 + \frac{0{,}0025}{16} + 0{,}00009 + \frac{1}{8\,007}} =$$

$$= 1\,784 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

(s-a admis 1 583 W/m²°C).

*Supradimensionarea aparatului*

Aria de transfer necesară:

$$A_n = \frac{Q}{k_d \cdot \Delta t} = \frac{4{,}633 \cdot 10^6}{1\,784 \cdot 10{,}42} = 249{,}2 \text{ m}^2$$

(s-a admis 280,8 m²).

$$\frac{A - A_n}{A_n} \cdot 100 = \frac{280{,}8 - 249{,}2}{249{,}2} \cdot 100 = 12{,}7 \ \%$$

(această supradimensionare este acceptabilă).

*Căderea de presiune pentru apa caldă*

Se pot utiliza următoarele trei relaţii de calcul, care duc la rezultate relativ apropiate [1; 5; 12]:

$$\text{a)} \ \Delta p = \frac{C}{Re^n} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \cdot \frac{L_c}{d_e}. \qquad (4)$$

$Re = 0{,}2 \div 20$; $C = 125{,}4$; $n = 0{,}9633$;

$Re = 20 \div 290$; $C = 50{,}48$; $n = 0{,}6595$;

$Re = 290 \div 10^4$; $C = 2{,}844$; $n = 0{,}1522$.

$$\text{b)} \ \Delta p = \frac{C}{Re^n} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \cdot \frac{L_c}{d_e} \left(\frac{\mu_p}{\mu}\right)^m. \qquad (5)$$

$Re < 150$; $C = 144$; $n = 0{,}8$; $m = 0{,}25$;

$Re > 150$; $C = 16$; $n = 0{,}3$; $m = 0{,}14$.

$$\text{c)} \ \Delta p = \frac{10}{Re^{0{,}3}} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \cdot \frac{L_c}{d_e}. \qquad (6)$$

Prin aplicarea primei relaţii, se obţine:

$$\Delta p = \frac{2{,}844}{5\,243^{0{,}1522}} \cdot \frac{994 \cdot 0{,}38387^2}{2} \cdot \frac{2{,}9}{0{,}01} = 16\,403 \text{ N/m}^2.$$

*Căderea de presiune pentru apa rece*

$$\Delta p = \frac{2{,}844}{5\,082^{0{,}1522}} \cdot \frac{997{,}2 \cdot 0{,}46856^2}{2} \cdot \frac{2{,}9}{0{,}01} = 24\,635 \text{ N/m}^2.$$

## III. Performanţele

Utilizarea relativ largă a schimbătoarelor de căldură cu plăci, în ultimii ani, în ţările dezvoltate industrial, se datorează avantajelor pe care acest nou tip de schimbătoare le prezintă, în raport cu aparatele clasice. Principalele avantaje, confirmate în exploatare, ale schimbătoarelor de căldură cu plăci sînt următoarele:

— pot fi utilizate pentru diverse procese de schimb de căldură şi în diverse ramuri industriale;

— prezintă, din punctul de vedere al temperaturilor şi presiunilor de lucru, domenii destul de largi de utilizare;

— se realizează cu un consum mai mic de metal, au gabarite mai reduse şi sînt mai ieftine;

— prezintă valori mai mari ale coeficientului global de transfer de căldură şi, ca urmare, se pot utiliza şi la diferenţe medii de temperatură între fluide foarte mici (pînă la 3°C);

— funcţionează cu căderi de presiune ale fluidelor mici şi deci consumul de energie pentru vehicularea acestora prin schimbător este redus;

— schimbul de căldură poate fi realizat în contracurent, cu turbulenţă mare a fluidelor la viteze de circulaţie reduse;

— se pretează uşor la grupări care să realizeze schimburi de căldură multiflux (cu trei sau patru fluide);

— sînt uşor de montat şi demontat, pentru curăţare şi reparaţii, prezentînd posibilitatea de a se majora sau reduce, foarte simplu, aria de transfer de căldură.

În continuare, se prezintă cîteva tabele cu date tehnico-economice comparative, care justifică avantajele schimbătoarelor de căldură cu plăci, în raport cu cele clasice.

În tabelul 1 se prezintă o comparaţie tehnico-economică între un schimbător de căldură cu plăci şi un schimbător de căldură cu fascicul tubular în manta pentru răcirea a 106 500 kg/h apă industrială, de la 71,1 pînă la 48,9°C, cu apă de recirculare (de turn), fluxul termic schimbat fiind de aproximativ $10 \cdot 10^6$ kJ/h [13]. Din acest tabel se constată următoarele:

— schimbătorul cu plăci este cu curgerea ambelor fluide în paralel prin toate spaţiile corespunzătoare (schimb de căldură în contracurent), iar schimbătorul cu fascicul tubular are două treceri prin tuburi şi o trecere prin manta (schimb de căldură în curent mixt);

— aria de transfer de căldură este mult mai mică (18,6%), deci coeficientul global de transfer de căldură mult mai mare, la schimbătorul de căldură cu plăci;

— căderile de presiune ale fluidelor, la curgerea prin aparat, sînt mai mici în cazul schimbătorului de căldură cu plăci;

*Tabelul 1*

**Comparație tehnico-economică între un schimbător de căldură cu plăci și un schimbător de căldură cu fascicul tubular**

| Tip schimbător | Cu plăci | Cu fascicul tubular |
|---|---|---|
| Număr treceri | 1—1 | 1—2 |
| Material | Oțel inox | Oțel carbon |
| Arie transfer, $m^2$ | 29,2 | 157 |
| Dimensiuni, m | $l = 0{,}82$; $h = 1{,}52$ | $L = 8{,}53$; $D = 0{,}61$ |
| Teren ocupat, m/m | 1,83/1,52 | 18,29/1,22 |
| Masă aparat, kg | 2 200 | 5 300 |
| $\Delta p$ apă caldă, bar | 0,16 | 0,69 |
| $\Delta p$ apă rece, bar | 0,68 | 0,69 |
| Cost, dolari S.U.A. | 9 126 | 17 910 |

— masa și dimensiunile schimbătorului cu plăci sînt sensibil mai reduse, iar suprafața de teren ocupată de acest aparat este, de asemenea, mai mică (la schimbătorul cu fascicul tubular este inclus și spațiul necesar scoaterii fasciculului);

— cu toate că este confecționat din oțel inox și nu din oțel carbon, schimbătorul de căldură cu plăci este mult mai ieftin (51%) decît schimbătorul de căldură cu fascicul tubular.

În tabelul 2 este prezentată o comparație privind comportarea în exploatare a schimbătoarelor de căldură cu plăci, în raport cu schimbătoarele de căldură cu fascicul tubular în manta [6]. Comparația este făcută din următoarele puncte de vedere: ușurința constatării depunerilor, coroziunilor și neetanșeităților; ușurința curățării chimice sau manuale a suprafeței de transfer; posibilitatea majorării ariei de transfer de căldură și posibilitatea efectuării reparațiilor.

Din toate aceste puncte de vedere, schimbătoarele cu plăci sînt mai avantajoase decît schimbătoarele cu fascicul tubular, cu excepția posibilității de constatare a neetanșeităților („acceptabilă" la schimbătoarele cu plăci și „ușoară" la schimbătoarele cu fascicul tubular). La schimbătoarele clasice, cu fascicul tubular, este imposibilă modificarea ariei de transfer, iar la cele cu cap fix, este imposibil accesul pentru verificarea depunerilor și coroziunilor și pentru curățarea mecanică, la exteriorul tuburilor (în manta).

În tabelul 3 este redată o comparație tehnico-economică privind sistemele de răcire a unui flux de apă industrială, cu apă de mare, lac sau riu într-un răcitor cu plăci, respectiv cu

*Tabelul 2*

**Comparație privind comportarea în exploatare a schimbătoarelor de căldură**

| Tip schimbător de căldură | Cu plăci | Cu fascicul tubular |
|---|---|---|
| Verificare depuneri: | | |
| — pe o parte a suprafeței de transfer (placă sau tuburi) | ușoară | ușoară |
| — pe cealaltă parte | ușoară | acceptabilă, (cap mobil)<br>imposibilă (cap fix) |
| Verificare neetanșeități: | | |
| — pe o parte | acceptabilă | ușoară |
| — pe celaltă parte | acceptabilă | ușoară |
| Verificare coroziuni: | | |
| — pe o parte | ușoară | ușoară, acceptabilă |
| — pe cealaltă parte | ușoară | ușoară, imposibilă |
| Curățare chimică: | | |
| — pe o parte | ușoară | ușoară |
| — pe cealaltă parte | ușoară | acceptabilă, dificilă |
| Curățare manuală: | | |
| — pe o parte | ușoară | ușoară |
| — pe cealaltă parte | ușoară | ușoară, imposibilă |
| Mărire arie transfer | ușoară | imposibilă |
| Efectuare reparații | ușoară | acceptabilă |

aer într-un turn de răcire cu tiraj forțat [15]. Apa industrială, cu un debit de 960 $m^3/h$, este răcită cu 10°C, fluxul termic schimbat fiind de aproximativ $40 \cdot 10^6$ kJ/h. Pentru aceste sisteme de răcire s-au admis durata normată de serviciu 5 ani și timpul anual de utilizare 8 000 h/an.

Se constată că, deși cheltuielile cu amortizarea și cheltuielile cu energia electrică consumată sînt mai mari pentru schimbătorul de căldură cu plăci, cheltuielile totale anuale sînt mai reduse (61%) în cazul răcirii cu apă într-un răcitor cu plăci, decît în cazul răcirii cu aer într-un turn de răcire cu tiraj forțat. Acest lucru este cauzat de cheltuielile foarte mari cu apa de adaos, pentru compensarea pierderilor de apă din turnul de răcire. Rezultă și din acest exemplu comparativ că este de preferat utilizarea schimbătorului de căldură cu plăci.

*Tabelul 3*

**Comparaţie tehnico-economică privind sistemele de răcire a unui flux de apă industrială**

| Sistem de răcire | Cu apă de mare (lac, rîu) într-un răcitor cu plăci | Cu aer, într-un turn de răcire, cu tiraj forţat |
|---|---|---|
| Investiţii totale, lire sterline | 89 000 | 12 000 |
| Cheltuieli cu amortizarea, lire sterline/an | 17 800 | 2 400 |
| Putere electrică consumată la pompe şi ventilatoare, kW | 44,16 | 26,50 |
| Energie electrică consumată, kWh/an | 353 280 | 212 000 |
| Cheltuieli cu energia electrică, lire sterline/an | 3 925 | 2 355 |
| Consum de apă de adaos, $m^3$/an | — | 700 000 |
| Cheltuieli cu apa de adaos, lire sterline/an | — | 31 003 |
| Cheltuieli totale, lire sterline/an | 21 725 | 35 758 |

În domeniul industriei petroliere, se cunosc numeroase cazuri de utilizare a schimbătoarelor de căldură cu plăci, ca de exemplu în instalaţiile de tratare a ţiţeiului, în instalaţiile de purificare a gazelor şi în instalaţiile de separare criogenică a hidrogenului şi a hidrocarburilor uşoare [11 ; 13]. În acest ultim caz se utilizează plăci din aluminiu, temperaturi pînă la −250°C şi aparate multiflux plasate în cutiile (incintele) reci ale instalaţiei.

Cele mai frecvente utilizări ale schimbătoarelor de căldură cu plăci sînt însă cele din domeniul răcirii sau încălzirii apei, respectiv răcirea apei industriale sau încălzirea apei în reţelele termice. Toate aceste cazuri se referă la schimb de căldură apă-apă, în domeniul temperaturilor şi presiunilor de lucru reduse [2 ; 4 ; 9].

După cum se ştie, în ultimii ani s-a ajuns la concluzia că este bine să se renunţe la utilizarea turnurilor de răcire, pentru răcirea „umedă" (prin contact direct cu aerul) a apei de răcire industrială şi înlocuirea acestui proces cu răcirea „uscată" (răcirea în schimbătoare de suprafaţă, cu aer sau apă în circuit deschis [16]). Turnurile de răcire sînt voluminoase şi scumpe şi duc la pierderi foarte mari de apă, prin evaporare în fluxul de aer, precum şi la formarea de ceaţă deasupra lor (poluare). Se recomandă în prezent, pentru răcirea apei industriale, schimbătoarele de căldură cu plăci, la care să se utilizeze în circuit deschis apă curată de mare, de lac sau de rîu, netratată. Chiar în cazul apei de mare, depunerile pe suprafaţa de transfer sînt neînsemnate, pentru că suprafaţa plăcilor are o temperatură redusă şi pentru că încălzirea acestei ape se face cu numai cîteva grade. Pentru schimbul de căldură apă-apă în reţelele termice sînt, de asemenea, recomandate schimbătoarele de căldură cu plăci, temperaturile şi presiunile de lucru fiind relativ joase şi existînd necesitatea de a se lucra cu diferenţe mici de temperatură între fluide.

Avîndu-se în vedere avantajele pe care le prezintă schimbătoarele de căldură cu plăci, în raport cu schimbătoarele de căldură clasice, se consideră justificată extinderea utilizării lor din ultimii ani, în domeniile industriale amintite şi este bine că şi în ţara noastră s-a pus problema realizării schimbătoarelor de căldură cu plăci.

**Bibliografie**


[1] Bond, M.P. *Plate heat exchangers for effective heat transfer.* The Chemical Engineer, apr. 1981, p. 162—167.

[2] Cooper, A., Suitor, J. W., Usher, J. D. *Cooling water fouling in plate heat exchangers.* Heat Transfer Engineering, nr. 3, 1980, p. 50—55.

[3] Dobrinescu, D. *Procese de transfer termic şi utilaje specifice.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.

[4] Dobrinescu, D. *Termoenergetica combinatelor petrochimice.* I.P.G., Ploieşti, 1985.

[5] Holland, F.A. ş.a. *Heat Transfer.* Heinemann Educational Books, Londra, 1970.

[6] Kakač, S., Bergles, A. E., Mayinger, F. *Heat exchangers. Thermal hydraulic fundamentals and design.* McGraw-Hill Book Company, New York, 1981.

[7] Kuvşinskii, M. N., Soboleva, A. P. Curs de proiectare la disciplina Procese şi aparate în industria chimică. Vîşşaia şkola, Moscova, 1980.

[8] Laszlo, Mucskai *Hőcserélők termikus és hidraulikai méretezése.* Müszaki Könyvkiadó, Budapesta, 1973.

[9] Marriott, J. *Where and how to use plate heat exchangers.* Chem. Eng., nr. 8, 1971, p. 127.

[10] Marriott, J. *Performance of a mixed plate heat exchanger.* Chem. Eng. Progr., feb. 1977, p. 73—78.

[11] Măcriş, V. *Separarea gazelor de la piroliza hidrocarburilor.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1981.

[12] Rajn, K. S. N., Ghand, J. *Consider the plate heat exchanger.* Chemical Engineering, 11 aug. 1980, p. 133—144.

[13] Sjogren, S., Grueiro, W. *Applying plate exchangers in hydrocarbon processing.* Hydr. Proc., sept. 1983, p. 133—136.

[14] * * * *A guide to plate heat exchangers.* Alfa-Laval, Fort Lee—NJ, SUA, 1980.

[15] * * * *Closed-circuit cooling opens up water saving possibilities.* Process Engineering, ian. 1974, p. 50—53.

[16] * * * *Problèmes par la conception et l'exploitation des centrales thermiques.* Vol. 17, La réfrigeration de type sec. Commision Économique pour l'Europe, Nations Unies, New York, 1979.

# DIN ISTORIA PETROLULUI ROMÂNESC

## Evoluţia producţiei de ţiţei în România de la mijlocul secolului al XIX-lea pînă în anul 1944

În lucrarea „Contribuţii la istoria petrolului românesc" de C. M. Boncu, se publică o hartă referitoare la aria extracţiei ţiţeiului pînă în anul 1900. Pe baza ei, cu nu puţină migală, am alcătuit o cronologie sintetizată, pe care o însoţim de unele comentarii.

Lăsînd la o parte „urmele de bitum" din secolele II—VI, cum ar fi cele găsite la Tîrgu-şoru Vechi, în Prahova, exploatarea propriu-zisă a ţiţeiului în ţara noastră începe în secolul al XV-lea. Cu aproximaţie, aşadar, la noi se exploatează petrol de circa o jumătate de mileniu.

Primele exploatări au fost la Lucăceşti, în Moldova (lîngă cursul mijlociu al Trotuşului) şi la Petriceaua-Secăreni, în Ţara Românească (lîngă cursul mijlociu al Doftanei), ambele datînd din secolele XV—XVI.

Interesant este că vreme de aproximativ patru secole, aproape toate exploatările petroliere au fost concentrate de-a lungul a patru rîuri mai mari : Ialomiţa, Prahova (cu afluenţii Doftana şi Teleajen), Buzău (cu afluentul Slănic) şi Trotuşul (cu afluentul Tazlăul Mare), principalele aglomerări de exploatări fiind la al doilea şi la al patrulea dintre ele. Este etapa în care s-a exploatat cu precădere zona subcarpatică.

Exploatările datate exclusiv în secolul al XVI-lea duc la afirmarea zonei Teleajen (prin exploatările Păcureţi, Matiţa şi probabil punctul petrolier Tuţeni) şi a zonei Trotuşului. A început exploatarea Ţintea (Prahova).

Secolul al XVII-lea aduce, în sfîrşit, şi afirmarea propriu-zisă a Văii Prahovei, prin exploatarea Cîmpina şi a Buzăului, prin exploatarea Maxenu, pe lîngă obişnuita afirmare a Trotuşului, prin exploatarea Văsieşti.

Secolul al XVIII-lea este şi cel mai sărac în iniţiative petroliere ; în Moldova nu se semnalează nici o nouă exploatare, în Ţara Românească una singură, la Podenii-Vechi, pe Teleajen.

În prima jumătate a secolului al XIX-lea situaţia se schimbă radical în domeniul petrolier. De altfel, au loc şi însemnate transformări politico-economice în Ţările Române, regimul fanariot fiind înlocuit. Exploatările petroliere înfloresc în bazinele celor patru rîuri, cu afluenţii lor. Iau fiinţă 20 de exploatări şi puncte petroliere în Ţara Românească şi 10 în Moldova. Cele mai multe, 10, s-au întemeiat în Bazinul Trotuş—Tazlăul Mare (Prăjeşti, Doftana, Stăneşti, Leorda, Solonţ, Teţcani, Moineşti, Plopu, Poduri şi Prahoveşti). Totuşi, Ţara Românească se impune acum, în mod clar, ca principală sursă de petrol, prin cele 20 noi exploatări şi puncte petroliere : opt în zona Teleajenului (exploatările Poseşti—Pămînteni, Cărbuneşti, Surani, Podeni, Coşerele, Mehedinţa, Bătrîni şi punctul petrolier Păcuri), şase în bazinul Ialomiţei, care astfel intră în aria exploatării petrolului (Gorgota, Ocniţei, Săcueni, Gheboaia, Vişineşti şi Valea Lungă), pe Valea Prahovei (Băicoi şi Dîmbu), trei în zona rîurilor Buzău-Slănic (Ograzi, Pîrscov şi punctul petrolier Păcurile) şi Cosmina, între Doftana şi Teleajen. Ţintea doar cîştigă în însemnătate acum; exploatarea începuse acolo însă cu mult înainte, cum am arătat.

În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, în Moldova se înfiinţează alte 14 exploatări şi puncte petroliere : trei izolate în zona rîului Putna (Soveja, Vizantea la nord şi Andreiaşu la sud), şapte pe Trotuş (Hirja, Grozeşti, Caşin, Mosoarele, Comăneşti şi punctele petroliere Nineasa şi Păcuriţa) şi patru pe Tazlăul Mare (Bîrsăneşti, Cîmpeni, Pîrjol şi Pustiana). În Ţara Românească apar nu mai puţin de 42 exploatări şi puncte petroliere, adică dublu faţă de acelea din prima jumătate a aceluiaşi secol: patru pe Ialomiţa (Petrari, Glodeni şi Teiş), 2 între Ialomiţa şi Prahova (Ocniţa şi Moreni), cinci în Valea Prahovei (Drăgăneasa, Scoţeni, Bordeni, Măgureni şi punctul petrolier Bucea), patru pe Doftana (Doftăneţ, Runcu, Buştenari şi Talega), 10 în zona Teleajen (Vărbilău, Gura Vitioarei, Poiana Vărbilău, Apostolache, Opăriţi, Şoimari şi punctele petroliere Bughea-Malini, Sărasca, Ochişori şi Măgura), 15 în zona rîului Buzău, care se afirmă acum puternic ca zonă petrolieră (Sibiciu, Tega, Rusavăţ, Trestaia, Lungeşti, Pîclele, Berca, Sărata Monteoru, Merei şi punctele petroliere Măguricea, Turburea, Uzvor, Valea Banului, Colţei şi Baia) şi trei pe Slănic (Bisoca, Jitia şi punctul petrolier Dealul Sării).

Din cele arătate se poate conchide că secolul al XIX-lea, în care s-au înfiinţat de aproape nouă ori mai multe exploatări petroliere decît în secolele XV—XVIII luate împreună, reprezintă perioada de adevărată fundare a industriei petroliere româneşti, care număra—la sfîrşitul secolului —97 de exploatări petroliere.

În anul 1858 producția de țiței a României era de 475 de tone, cu 200 de tone mai mare decît aceea a S.U.A. (cf. M. F. Iovanelli „Industria românească 1934—1938", București, 1975, p. 97 în notă). România se numără printre pionierii extracției de petrol pe plan mondial.

Între anii 1865—1895 producția a sporit de 70 de ori, nedepășind totuși cantitatea de 80 000 de tone anual (prelucrată în 87 de rafinării). În general, perioada pînă în anul 1895 a fost o etapă a micii industrii petroliere. Cu toată creșterea amintită, ponderea producției românești în ansamblul celei mondiale a scăzut (cf.: „Progresul economic în România 1877—1977, coordonator Ioan V. Totu, 1977, p. 146; M. Boncu „Contribuții la istoria petrolului românesc" 1971, p. 162—189).

În anul 1895 a fost votată Legea Minelor, care încuraja investițiile străine. Ca atare, producția a cunoscut un mare salt, ajungînd în anul 1900 la 247—487 tone, iar în 1913 la 1 847 875 tone, din care 1 623 523 tone au fost realizate în județul Prahova (cf. Monitorul Oficial din 28 mai 1921, p. 1261; Moniteur des intérêts petrolifères roumaine, nr. 24/1900, p. 520; „Statistica Minieră a României", 1829 și 1931). Anul 1913 reprezintă anul de vîrf al extracției de petrol, de cînd a început ea în România și pînă la izbucnirea primului război mondial.

În anii primului război mondial producția a scăzut de la 1 810 171 de tone în 1914 la 724 230 tone în 1917, înregistrînd o creștere doar în anul 1918 (968 611 tone). În județul Prahova a scăzut de la 1 623 623 tone în 1913, la 579 927 tone în 1917. Motivul principal l-au constituit dezafectările masive efectuate de statul român în înțelegere cu Antanta, pentru a nu permite căderea carburantului în mîinile germanilor: au fost scoase din funcțiune 2 500 de sonde, incendiate 830 000 tone de benzină și țiței (cf. Monitorul oficial din 28 mai 1929, p. 1261; „Statistica Minieră a României", 1931, p. 35; Al. Topliceanu, „Lupta pentru petrol. Trusturile străine și politica României„ 1829, p. 66; Gh. Constantinescu și I. Prodrom, „Industria de petrol în România pînă la primul război mondial", în Petrol și Gaze, nr. 9—10, 1957, p. 460).

După primul război mondial a urmat o perioadă de refacere a producției petroliere (1919—1924). În anul 1924 s-a atins și depășit nivelul din 1913, cu 1 851 303 tone, pentru ca pînă în anul 1927 producția de petrol a României să se dubleze, ajungînd la 3 561 360 tone (Monitorul Oficial din 28 mai 1929, p. 1242).

În anii 1927—1928 s-a desfășurat un puternic război al petrolului între două grupuri de mari trusturi străine, care a provocat o criză a prețurilor la petrol pe piața mondială, adică o scădere masivă a prețurilor de vînzare. Pentru a face față acestei situații, în industria extractivă românească s-a pus accentul pe sporirea rapidă a productivității, prin extinderea progresului tehnic, în vederea scăderii masive a prețului de cost la extracție, ceea ce s-a și reușit. Astfel, producția de țiței a României nu numai că nu a scăzut, cum ar fi fost de așteptat, dar, dimpotrivă, a crescut, ajungînd la 4 820 000 tone în anul 1929, 5 740 000 tone în anul 1931 și 7 300 000 tone în anul 1933, și depășind astfel și efectele crizei economice generale care s-a desfășurat în anii 1929—1933 (cf. Anton Moisin, „Istoria exploatărilor petroliere din județul Prahova între anii 1918—1944", teză de doctorat, dactilografiată, B.C.U. București; Arhivele statului Prahova, Fond Camera de comerț și industrie, dos. 6/1933, f. 23; Mihail Pizanty, „La pétrole en Roumanie", Institut Roumain du Pétrole, 1933, p. 6).

În perioada 1934—1936 producția a sporit de la 8 466 000 tone la 8 704 000 tone, bazîndu-se pe șantiere bogate mai noi, intens exploatate (de pildă, în anul 1934 schela Gura Ocniței realiza 40% din totalul producției României, iar în anul 1936 schela Bucșani a trecut pe primul loc, cu o producție anuală de 2 176 500 tone). Dar debitul se micșorează curînd, în urma puternicei exploatări, astfel că perioada 1937—1940 este o etapă de declin constant, de la 7 153 000 tone la 5 813 000 tone (cf. Annales des Mines de Roumanie, 1/1935, p. 35; „Statistica Minieră a României", 1928 și 1931; Moniteur du Pètrole Roumain, nr. 7—8 și 14/1942, nr. 11—12/1944).

În anii participării României la al doilea război mondial producția de petrol a scăzut de la 5 577 000 tone, în anul 1941, la 3 505 000 tone, în anul 1944, revenind aproximativ la nivelul din anul 1927 (cf. Moniteur du Pètrole Roumain, nr. 7—8 și 14 din 1942 și 11—12/1944). Bombardamentele din zona petrolieferă prahoveană din anii 1943—1944 au provocat mari distrugeri rafinăriilor, afectînd implicit și producția.

În concluzie, România, una dintre primele țări producătoare de petrol, a făcut eforturi mari pentru a-și dezvolta această ramură economică. Producția maximă pe care a reușit să o atingă însă, pînă în anul 1944, a fost de 8 704 000 tone în anul 1936, cantitate care îi asigura totuși unul dintre locurile fruntașe printre producătorii europeni.

A. Moisin

## MIRCEA DRĂGAN

În ziua de 7 ianuarie 1989 s-a stins din viaţă inginerul de mine **Mircea Drăgan**.

Cu o temeinică pregătire profesională, pe care a dovedit-o în cei 35 de ani de activitate în unităţi ale Ministerului Minelor şi în cadrul ministerului, inginerul Mircea Drăgan şi-a adus contribuţia la dezvoltarea industriei extractive miniere din ţara noastră.

Născut la 2 noiembrie 1930 la Craiova, a absolvit cursurile liceului teoretic în anul 1949, iar în anul 1953 Institutul de Mine din Bucureşti, obţinînd diploma de inginer în exploatarea şi prepararea minereurilor şi a cărbunilor.

Şi-a început activitatea la Institutul de proiectări miniere, a continuat-o în alte unităţi, iar în anul 1966 este numit în funcţia de director tehnic în Direcţia generală a minereurilor de fier, sare şi nemetalifere din Ministerul Minelor.

În această perioadă s-a ocupat cu multă competenţă de construirea şi punerea în funcţiune a primei uzine de preparare a minereurilor de fier, pe noua tehnologie de prăjire magnetizantă, de la Întreprinderea minieră Teliuc.

În anul 1963 obţine şi titlul de inginer economist, absolvind cursurile postuniversitare ale Institutului Politehnic din Bucureşti, iar în anul 1965 a absolvit Universitatea Politică şi de Conducere.

Din anul 1969 pînă în anul 1987, a condus activitatea de aprovizionare, desfacere şi transport din cadrul ministerului, cu funcţia de director.

În această perioadă, timp de 2 ani, a îndeplinit funcţia de director al Întreprinderii de Comerţ Exterior GEOMIN.

În toată activitatea sa a dovedit o bună pregătire profesională, putere de cuprindere şi soluţionare a problemelor, fiind dotat cu un profund spirit de analiză. A întreţinut o foarte bună şi permanentă colaborare cu tovarăşii săi de muncă şi cu celelalte direcţii din cadrul ministerului.

Ca membru al Partidului Comunist Român, inginerul Mircea Drăgan a participat activ la munca politică şi obştească, timp de mai mulţi ani, fiind secretar adjunct al comitetului de partid din minister.

Pentru rezultatele muncii sale a fost distins cu Ordinul Steaua Republicii şi Ordinul Muncii, precum şi cu medalii aniversare ale Republicii.

Om întreprinzător, fire deschisă, iubit şi stimat de colegi şi de colaboratori, cel ce a fost inginerul **Mircea Drăgan** va rămîne mereu în amintirea noastră.

## GHEORGHE FEIER

S-a stins din viaţă inginerul de mine **Gheorghe Feier**.

Născut în comuna Aninoasa, judeţul Hunedoara, la 26 mai 1929, dintr-o familie de mineri, a urmat şcoala primară în Vulcan şi liceul teoretic în Petroşani. În anul 1954 a absolvit Institutul de Mine din Petroşani şi în acelaşi an se încadrează la mina Lonea, unde ocupă funcţiile de inginer stagiar şi şef sector, iar în anul 1959, datorită competenţei sale profesionale şi capacităţii de bun conducător şi organizator, i se încredinţează funcţia de şef de exploatare.

La 15 ianuarie 1968 este numit şef de exploatare la mina Aninoasa, unde îşi desfăşoară activitatea pînă în anul 1969, cînd, pentru calităţile deosebite dovedite pe parcursul anilor, este desemnat ca secretar pentru probleme economice la Comitetul Municipal de Partid Petroşani, misiune politică pe care timp de 7 ani o desfăşoară cu multă dăruire şi competenţă în actul de conducere economico-socială a municipiului.

Între anii 1977—1982 ocupă succesiv funcţiile de director al întreprinderilor miniere Vulcan, Lupeni, director tehnic al Institutului de Cercetări şi Proiectări Miniere pentru Cărbune Petroşani şi director al Întreprinderii miniere Lonea.

În anul 1982 este transferat la Combinatul Minier Valea Jiului, în funcţia de şef serviciu producţie.

În timpul activităţii sale, inginerul Gheorghe Feier a fost un cadru valoros al Combinatului Minier Valea Jiului, devotamentul, competenţa şi conştiinciozitatea caracterizîndu-l pînă în ultimele clipe.

Pentru meritele în activitatea desfăşurată a fost distins cu Steaua Republicii Socialiste România, Ordinul Muncii, şi medalii aniversare ale Republicii.

Colectivul Combinatului Minier Valea Jiului, toţi cei care au fost alături de **Gheorghe Feier** de-a lungul anilor îi vor păstra o neştearsă amintire.

# INSTITUTUL DE MINE PETROSANI

Str. Institutului nr. 20

ORGANIZEAZA CONCURS DE ADMITERE LA

FACULTATEA DE MINE

INGINERI - profil mine
- cursuri de zi - cu durata de 5 ani (specializările: mine şi exploatări miniere la zi);
- cursuri serale - cu durata de 6 ani (specializările: mine şi exploatări miniere la zi.

din anul III (IV) se poate opta pentru grupele de aprofundare:
- prepararea şi valorificarea substanţelor minerale utile;
- topografie minieră.

SUBINGINERI - profil mine
- cursuri serale - cu durata de 4 ani (specializările: mine, exploatări miniere la zi, topografie minieră).

LA ACEASTA FACULTATE 90% din locurile planificate vor fi ocupate numai de candidaţi băieţi.

FACULTATEA DE MASINI ŞI INSTALATII MINIERE

INGINERI - profil mecanic
- cursuri de zi - cu durata de 5 ani (specializare maşini şi instalaţii miniere);
- cursuri serale - cu durata de 6 ani (specializarea maşini şi instalaţii miniere).

SUBINGINERI - profil electric
- cursuri serale - cu durata de 4 ani (specializarea electromecanică tehnologică minieră).

LA INSCRIERE, PREMERGATOR PROBELOR SCRISE, CANDIDATII EFECTUEAZA O VIZITA MEDICALA SPECIALA SI SUSTIN PROBELE DE REZISTENTA FIZICA, AMBELE FIIND ELIMINATORII.

DISCIPLINELE DE CONCURS:

CURSURI DE INGINERI

FACULTATEA DE MINE
- Algebră şi Elemente de analiză matematică - scris;
- Geometrie plană şi în spaţiu şi Trigonometrie - scris;
- Fizică (mecanică moleculară, căldură, electricitate) - scris.

FACULTATEA DE MASINI SI INSTALATII MINIERE
- Algebră şi Elemente de analiză matematică - scris;
- Geometrie plană şi în spaţiu şi Trigonometrie - scris;
- Fizică (mecanică moleculară, căldură, electricitate) - scris.

CURSURI DE SUBINGINERI

FACULTATEA DE MINE
- Algebră, Geometrie plană şi Trigonometrie - scris;
- Fizică (mecanică, electricitate) - scris.

FACULTATEA DE MASINI SI INSTALATII MINIERE
- Algebră, Geometrie plană şi Trigonometrie - scris;
- Fizică (mecanică, electricitate) - scris.

In fiecare an se fac CURSURI DE PREGATIRE între 1 octombrie şi 30 iunie.
PROGRAMUL CURSURILOR DE PREGATIRE este afişat la Institut.
Alte date, programele disciplinelor şi manualele ghid pentru concursul de admitere se găsesc în revista "Forum" nr. 2 şi 4 1988.
Informaţii suplimentare la telefon: 457/42580, 42581, interior 146 (Facultatea de mine) şi 122 (Facultatea de maşini şi instalaţii miniere).

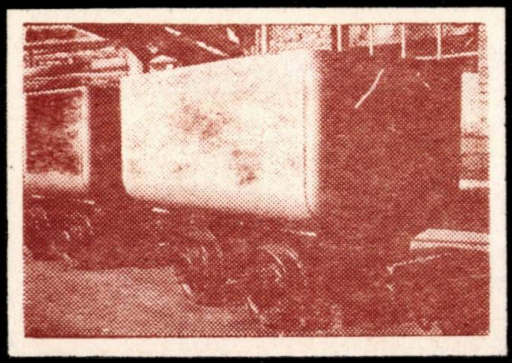
INSTITUTUL DE MINE ASIGURA PERFECTIONAREA PREGATIRII ABSOLVENTILOR PRIN:

CURSURI DE PERFECTIONARE PENTRU CADRELE DIDACTICE DIN SCOLILE PROFESIONALE SI LICEE, IN DOMENIILE MINIER SI MECANIC.

CURSURI POSTUNIVERSITARE PENTRU CEI DIN PRODUCTIE LA SPECIALIZARILE:
- "MECANIZAREA MINELOR, AERAJUL MINEI SI PROTECTIA MUNCII IN MINA"
- "PREPARAREA SI VALORIFICAREA SUBSTANTELOR MINERALE UTILE"

DOCTORANTURA LA SPECIALIZARILE:
- MINE, MASINI, INSTALATII SI ELECTROMECANICA MINIERA;
- TOPOGRAFIE, GEODEZIE SI FOTOGRAMETRIE;
- METALURGIA METALELOR NEFEROASE SI PREPARAREA MINEREURILOR;
- INGINERIA PROCESELOR DE PRODUCTIE;
- MASINI, APARATE SI ACTIONARI ELECTRICE;
- ELECTROENERGETICA.

# UZINA DE UTILAJ MINIER SI REPARATII CRISCIOR



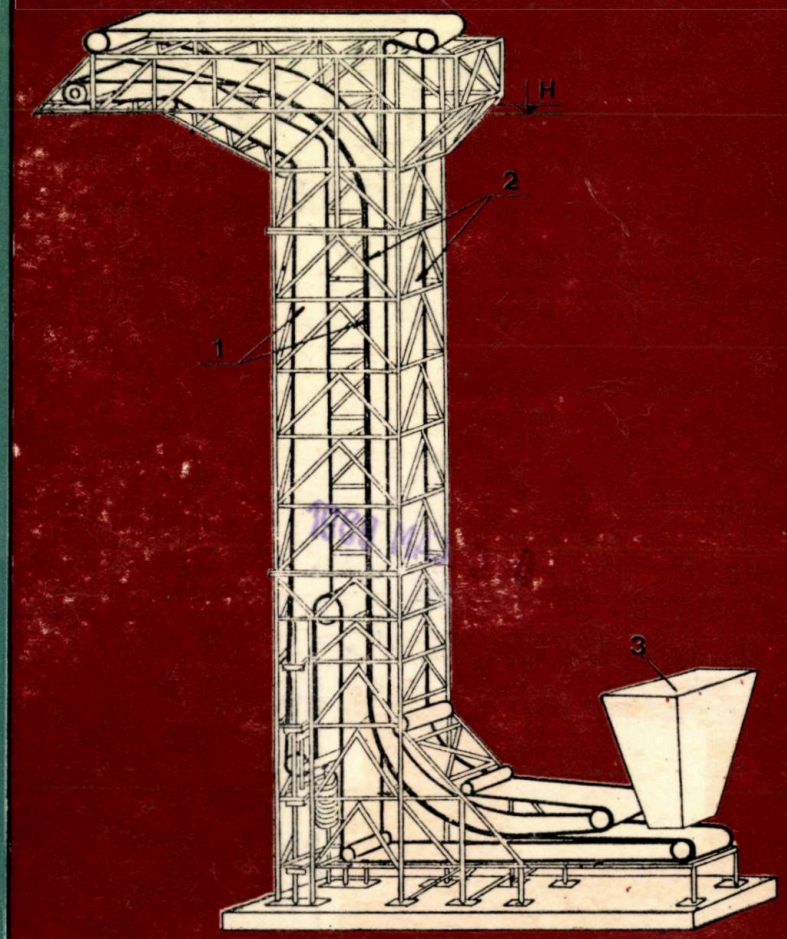
PRODUCE utilaje pentru întreprinderile miniere şi uzinele de preparare a minereurilor:
• vagonete de la 0,36 - 3 $m^3$; vagonete transport personal; vagonete transport lemn; vagonete transport exploziv • celule de flotaţie de 1 - 5,7 $m^3$ • instalaţii de semnalizare pentru transportul pe verticală • instalaţii de blocare a maşinilor de extracţie • instalaţii pentru protecţia compresoarelor de 15, 30 şi 45 $m^3$ • agitatoare mecanice, electrolizoare • maşini de perforat cu un braţ • dispozitive de încărcat găuri cu explozivi • hidrospălătoare.

PRODUCE piése de schimb pentru utilaje miniere şi de preparare.

EXECUTA reparaţii capitale la locomotivele de mină • reparaţii curente la utilaje de preparare (în uzină şi la furnizori).

U.U.M.R. CRISCIOR, str. Uzinei nr. 1, telefon 51408, 51407
Cont 30.12.7.30.01 B.N.R.S.R. - Brad

# ELEVATOR CU BENZI VERTICALE




## DOMENIUL DE UTILIZARE

Transportul pe verticală a materialelor granulare: 0÷150 mm., umiditate < 20%

## VARIANTE CONSTRUCTIVE

- Structura autoportantă deschisă
- Structura autoportantă închisă
- Structura rezemată în puncte pe construcția ce o deservește
- Deversare în sensul de transport.
- Deversare peste cap.

## CARACTERISTICI

| | | |
|---|---|---|
| COTA DEVERSARE | H | 12 ÷ 30 m |
| NR. BENZI | BUC. | 2 B 1000 |
| VITEZA BENZI | m/sec | 2,12 |
| PUTERE INSTALATA | kW | 15 + 18,5 |
| CAPACITATE TRANSPORT | t/h | 140 ÷ 150 |
| GRANULAȚIE | mm | 0 ÷ 150 |
| UMIDITATE | % | < 20% |

## LEGENDA

1. Banda inferioară
2. Banda de acoperire
3. Buncăr cu sistem de alimentare

PROIECTANT **ICPMSN Cluj · Napoca**

PRODUCĂTOR **IPICCF Miercurea · Ciuc**

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA ★ Vol. 40, aprilie 1989

4

# THE MINING MINISTRY

# CSNB

## THE CENTRAL FOR SALT AND NON-METALLIC MINERALS BUCHAREST

## produce and offer to their customers:

EXTRAFINE SALT

1. Quality:
   NaCl - min. 98,5%
   $Cl_2Ca$ - max. 0,1%
   $SO_4Ca$ - max. 1,2%
   water insoluble substances - max. 0,06%
   humidity - max. 0,15%
   granulation - 0,1-0,5 mm
2. Use: edible ingredient, the pharmaceutical and foodstuff industry
3. Packing: 40-50 kg paper or polyethylene bags or small 1 kg polyethylene bags contained in paper or polyethylene bags

FINE SALT

1. Quality:
   NaCl - min. 99%
   $Cl_2Ca$ - max. 0,15%
   $SO_4Ca$ - max. 0,4%
   water insoluble substance - max. 0,3%
   humidity - max. 0,15%
   granulation - 0,1-1,0 mm
2. Use: edible ingredient, the foodstuff industry
3. Packing: 50-40 kg paper or polyethylene bags or small 1 kg bags contained in paper or polyethylene bags.

INDUSTRIAL SALT

1. Quality:
   NaCl - min. 98%
   $Cl_2Ca$ - max. 0,35%
   $Cl_2Mg$ - max. 0,10%
   $SO_4Ca$ - max. 0,90%
   water insoluble substances - max. 1,2%
   humidity - max. 4%
   Granulation: 1. 0-2 mm
   2. 0-4 mm
   3. 0-10 mm
   4. 0-15 mm
2. Use: edible ingredient, the foodstuff industry, the chemical industry, the wood-working industry, the light industry
3. Delivery: in bulk

GROUND CHALK

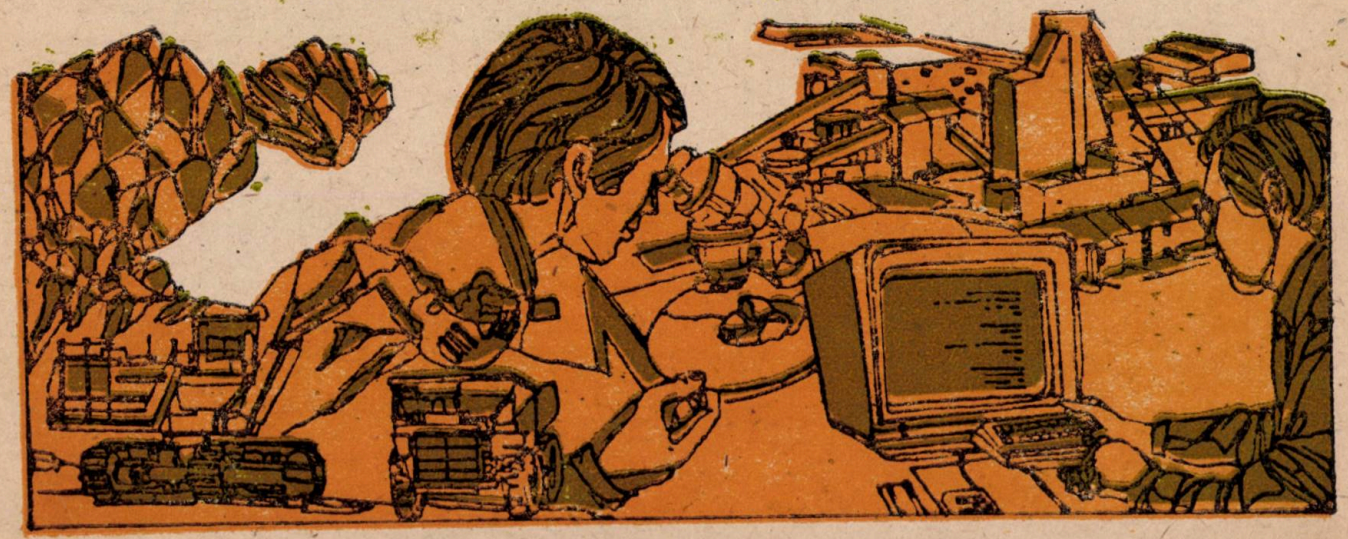
1. Quality:
   $CaCO_3$ - min. 93%
   $SiO_2$ - max. 6% (plus insoluble substances)
   $Fe_2O_3$ - max. 0,7%
   Mn - max. 0,02%
   pH aqueous suspension - 8 (informative)
   humidity - max. 0,5% (at loading)
   granulation - max. 0,5% residue on the $\phi$ 0,056 mm sieve
2. Use: the ceramics industry, animal husbandry
3. Packing: four-ply paper bags of approx. 50 kg ±, 5% tolerance

QUARTZ MASS

1. Quality:
   $SiO_2$ - min. 98%
   $Fe_2O_3$ - max. 0,6%
   $Na_2O + K_2O$ - max. 0,3%
   $Al_2O$ - max. 1%
   MgO - max. 0,2%
   CaO - max. 0,4%

Heating stability at 1450°C - 5 minutes
Following granule classes are separately supplied:
0...0063 mm
0...0,5 mm
0,5...1,0 mm
1...2 mm
2...4 mm

2. Use: induction furnace lining
3. Packing: paper bags contained in polyethylene bags



# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

Nr. 4 1989


ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR

## CUPRINS


*Medveş, E., Fotă, D., Cristescu, N., Ţigoiu, S.* **Mărirea gradului de adaptabilitate dinamică a susţinerii miniere mecanizate utilizate în minele de cărbuni** 158

*Ţiplea, V.* **Linie tehnologică flexibilă pentru recondiţionarea pieselor de schimb ale utilajului minier** 168

*Chiseliţă, I.* **Necesitatea şi importanţa elaborării de standarde de stat pentru proiectarea şi execuţia turnurilor de extracţie minieră** 170

*Găman, M., Pafnote Maria, Bitir, P., Roman, R.* **Selecţia, antrenarea şi intervenţia salvatorilor minieri pentru lucru în condiţii de temperatură şi umiditate ridicate** 175

*Drăgilă Marioara* **Observaţii mineralogice privind aurul nativ din Munţii Highiş** 181

*Ionescu, N. M., Vasiliu, V. E., Popa, V.* **Metodă şi algoritm de calcul pentru livrarea unei producţii miniere de calitate impusă** 184

*Cremenescu, Gh.* **Simularea pe calculator a optimizării regimului mecanic de foraj** 186

*Pârcălăbescu, I. D., Besnea, D.* **Modificări structurale ale ţiţeiurilor în procesele de exploatare** 191



## COLEGIUL DE REDACŢIE

***Preşedinte:*** ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.285 : 622.33

Medveş, E. ş. a. *Mărirea gradului de adaptabilitate dinamică a susţinerii miniere mecanizate utilizate în minele de cărbuni*

Sînt prezentate rezultatele încercărilor şi soluţiile de îmbunătăţire a susţinerilor mecanizate în vederea măririi gradului de adaptabilitate dinamică. De asemenea este prezentat un model reologic al unui stîlp hidraulic cu grad mărit de adaptabilitate dinamică, cu soluţia constructivă generată de acest model.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.012.4 : 658.589

Ţiplea, V. *Linie tehnologică flexibilă pentru recondiţionarea pieselor de schimb ale utilajului minier*

Autorul prezintă etapele pe care le parcurge un proces tehnologic de recondiţionare a pieselor de schimb într-o linie tehnologică flexibilă.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.673.2

Chiseliţă, I. *Necesitatea şi importanţa elaborării de standarde de stat pentru proiectarea şi execuţia turnurilor de extracţie minieră*

Sînt analizate aspectele de proiectare şi realizare a construcţiilor pentru turnurile de extracţie, respectiv: clasificarea şi componentele turnurilor de extracţie; forma şi dimensiunile principale; prescripţiile de calcul; prevederile constructive şi condiţiile tehnice de calitate în faza de execuţie — aspecte ce trebuie luate în consideraţie în elaborarea de standarde de stat pentru proiectarea şi execuţia turnurilor de extracţie minieră.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.86

Găman, M. ş. a. *Selecţia, antrenarea şi intervenţia salvatorilor minieri pentru lucrul în condiţii de temperatură şi umiditate ridicate*

Pentru atestarea privind lucrul în condiţii de temperatură şi umiditate ridicate, în cadrul Centrului de Cercetări pentru Securitate Minieră Petroşani au fost investigaţi 40 de salvatori minieri, în vîrstă de 22—40 de ani, într-o cameră climatică în care s-a realizat o temperatură de 44—45°C şi o umiditate de 70—80%. Rezultatele obţinute au condus la definitivarea „Instrucţiunilor privind metodele de selecţie, antrenare şi acţiune a salvatorilor minieri în condiţii de temperatură şi umiditate ridicate".

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.342.1

Drăgilă Marioara *Observaţii mineralogice privind aurul nativ din Munţii Highiş*

Se reliefează prezenţa aurului nativ în zona văii Moviliţa, prezenţă care va deschide probabil perspectiva unor cercetări geologice şi mineralogice pentru găsirea aurului şi în alte zone din masivul Highiş, care să prezinte în viitor şi interes economic.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.33

Ionescu, N. M. ş. a. *Metodă şi algoritm de calul pentru livrarea unei producţii miniere de calitate impusă*

Autorul prezintă un program pentru realizarea unui amestec de mai multe sorturi calitative de cărbune, provenit din strate diferite, cu puteri calorice diferite, amestec care, în final, trebuie să aibă o putere calorică impusă. Acest program s-a aplicat pentru rezolvarea unei teme de cercetare al cărei beneficiar este Combinatul Minier Ploieşti.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 681.3 : 622.243.2

Cremenescu, G. *Simularea pe calculator a optimizării regimului mecanic de foraj*

Se prezintă problema optimizării regimului mecanic de foraj într-o abordare sistemică de definire a funcţiei-obiectiv, a restricţiilor şi a variabilelor semnificative de comandă.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 620.9 : 622.243.1

Pârcălăbescu, I. D., Besnea, D. *Modificări structurale ale ţiţeiurilor în procesele de exploatare*

Analizele chimice specifice chimiei ţiţeiurilor pun în evidenţă modificările structurale în procesul de exploatare pe seama energiei proprii şi prin combustie subterană. În lucrare se dau explicaţii energetice şi structurale acestor modificări.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

# CONTENTS


C.Z. 622.285:622.33

Medveș, E. et al. *A higher degree of dynamic adaptability of powered supports in collieries*

The results of the trials and solutions for the improvement of the dynamic adaptability of powered supports are presented. A rheologic model is also described for a hydraulic pillar having a higher degree of dynamic adaptability as well as the constructive solution generated by the model.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.012.4:658.589

Tiplea, V. *Flexible technological line for the reconditioning of parts for mining equipment*

The author presents the stages which a technological process for the reconditioning of parts for mining equipment must undergo in the case of a flexible technological line.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.673.2

Chiseliță, I. *The necessity and importance to set up state norms for the designing and building of winding towers*

The aspects of designing and erecting winding towers are analysed: their classification and component parts; their main shape and dimensions; their main calculation prescriptions and their constructive provisions and technical conditions regarding their quality. These aspects should be taken into consideration when setting up the state norms regarding the designing and building of winding towers.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.86

Găman, M. et al. *The selection, training and intervention of mining rescuers for places with high temperature and humidity conditions*

In order to certify the work in high temperature and humidity conditions, 40 mining rescuers aged between 22 and 40 were investigated at the Research Center for Mining Security in Petroșani. A temperature of 44—45° C and a humidity of 70—80 % were reached in a climatic chamber. The results which were obtained led to the final form of the "Instructions concerning the methods for the selection, training and intervention of mining rescuers in places with high temperature and humidity conditions".

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.342.1

Drăgilă Marioara *Mineralogical notes concerning the native gold deposits in the Highiș Mountains*

The presence of native gold deposits is emphasized in the Movilița Valley, a presence which will probably open the perspective to geologic and mineralogic research work in order to find economically feasible gold deposits in other areas of the Highiș massif.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 622.33

Ionescu, N.M. et al. *Calculus method and algorythm for the achievement of a mining product of imposed quality*

The authors present a program for the achievement of a blend of several coal qualities, mined from different seams, having different caloric values, a blend which in the end should have an imposed caloric value. This program was used in order to solve a subject of research work done for the Mining Complex of Ploiești.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 681.3:622.243.2

Cremenescu, Gh. *The computerized simulation of the optimization of the mechanical operation of drilling*

The problem concerning the optimization of the mechanical operation of drilling is presented, with a system approach for the outlining of the function-objective, the restrictions and significant order variables.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

C.Z. 620.9:622.243.1

Pârcălăbescu, I.D., Besnea, D. *Structural changes of crude during drilling*

The specific chemical analyses for the chemistry of crude emphasize the structural changes during drilling, due to its own energy and to underground combustion. The article supplies explications concerning the energetic and structural nature of changes.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989


# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 622.285: 622.33

Медвеш, Е. и др. *Повытение динамической приспасабливаемости механизированной крепи для лигнитных забоев*

Представлены результаты испытаний и технические решения для повышения динамической приспасабливаемости механизированных крепей. Также представлены реологическая модель гидростойки с повышенной приспасабливаемостью и её конструктивное решение.

Ключевые слова: динамическая приспасабливаемость, механизированная крепь, лигнитный забой, модель, решение.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

УДК 622.012.4: 658.589

Ципля, В. *Гибкая технологическая линия для восстановления запасных частей горного оборудования*

Представлены стадии восстановительных технологических операций гибкой технологической линии.

Ключевые слова: технологическая линия, восстановление, запасные части, горное оборудование.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

УДК 622.673.2

Киселицэ, И. *Необходимость и значение разработки государственных стандартов при проектировании и сооружении надшахтных копёров*

Анализированы некоторые вопросы, связанные с проектированием и сооружением надшахтных копёров, как: классификация и составные части копёров, форма и главные размеры, расчётные вопросы, конструктивные предвидения и технические условия качества в стадии разработки. Эти вопросы надо учитывать при разработки необходимых государственных стандартов.

Ключевые слова: разработка, стандарт, проектирование, копёр, технические условия.

Mine, Petrol şi Gaze, vol, 40, nr. 4, 1989

---

УДК 622.86

Гэман, М. и др. *Отбор, повлечение и интервенция горных спасательных при работе в условиях повышенных температуры и влажности*

Для аттестации в виду работы в условиях повышенных температуры и влажности Центром исследований по горной безопасности труда Петрошань было проверено 40 горных спасателей возраста 22—40 лет; в климатическом помещании реализованы температура 44—45°С и влажность 70—80%. Полученные результаты привели к заключению ,,Инструкции о методах отбора, повлечения и действия горных спасателей в условиях повышенных температуры и влажности.

Ключевые слова: отбор, интервенция, горные спасатели, температура, влажность, исследования, результаты.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

УДК 622.342.1

Дрэджилэ Марioара *Минералогические наблюдения о природном золоте в Горах Хигиш*

Выявлено присутствие природного золота в долине Мовилица и в будущем возможны геологические и минералогические исследования для выявления золота и в других зонах Гор Хигиш с экономическим интересом.

Ключевые слова: природное золото, Горы Хигиш, экономические перспективы, исследования.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

УДК 622.33

Йонеску, Н. М. и др. *Метод и алгоритм расчёта для поставки горной продукции необходимого качества*

Автор представляет программу для получения смеси многих сортов угля из разных пластов, разной калорийности, смесь которая в конце должна иметь данную калорийность. Эта программа использована для реализации задачи исследования для Горного комбината Шлоешть.

Ключевые слова: метод, алгоритм, расчёт, горная продукция, качество программа, калорийность.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

УДК 681.3.: 622.243.2

Кременеску, Г. *Симмулирование на ЭВМ оптимизации механического режима бурения*

Представлен системный подход к вопросу оптимизации механического режима бурения обозначения целевой функции, ограничений и переменных управления.

Ключевые слова: симмулирование, оптимизация, механический режим, бурение, целевая функция.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

УДК620.9: 622.243.1

Пыркэлэбеску, И. Д., Бесня, Д. *Структурные изменения нефти во время процессов эксплуатации*

Химические анализы, специфические химии нефтей, выявляют структурные изменения за счёт собственной энергии и подземным сжиганием. Эти изменения объясняются с энергетической и структурной точки зрения.

Ключевые слова: структурное изменение, нефть, эксплуатация, энергия.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

## INHALT

C.Z. 622.285: 622.33

Medveş, E. et al. *Erhöhung der dynamischen Anpassungsfähigkeit der in den Kohlengruben eingesetzten mechanisierten Ausbaue*

Vorgestellt werden die Ergebnisse der Versuche und die Verbesserungslösungen der mechanisierten Ausbaue, zwecks der Erhöhung der dynamischen Anpassungsfähigkeit. Ebenfalls wird ein rheologisches Modell eines hydraulischen Stempels mit einer erhöhten dynamischen Anpassungsfähigkeit und die aus diesem Modell abgeleitete konstruktive Lösung vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.012.4: 658.589

Ţiplea, V. *Flexible technologische Linie für die Wiederherstellung der Ersatzteile für Bergbauausrüstungen*

Der Verfasser stellt die Stufen eines technologischen Prozesses für die Wiederherstellung der Ersatzteile in einer technologischen Linie.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.673.2

Chiseliţă, I. *Die Notwendigkeit und die Wichtigkeit der Ausarbeitung von staatlichen Normen für die Planung und die Ausführung von Fördertürmen*

Überprüft werden Planungs- und Ausführungsaspekte für die Bauarbeiten von Fördertürmen, u. zwar: die Klassifizierung und die Bestandteile der Fördertürme; die Form und die Hauptabmessungen; Berechnungsvorschriften; konstruktive Vorschriften und technische Qualitätsbedingungen für die Ausführung — Aspekte welche bei der Ausarbeitung von staatlichen Normen für die Planung und Ausführung von bergbaulichen Fördertürmen berücksichtigt werden müssen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.86

Găman, M. et al. *Wahl, Anweisung und Eingriff der Grubenretter für Tätigkeit unter hohen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen*

Für die Zulassung betreffend ihre Tätigkeit unter hohen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen, wurden, im Rahmen des Forschungszentrums für Bergbausicherheit Petroşani, 40 Grubenretter, im Alter zwischen 22 und 40 Jahre, in einer klimatisierten Kammer mit einer Temperatur von 44—45° C und einer Feuchtigkeit von 70—80% untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse führten zur Endgültigung der "Vorschriften für die Wahl, die Anweisung und den Eingriff von Grubenrettern für Tätigkeit unter hohen Temperatur und Feuchtigkeitsbedingungen".

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.342.1

Drăgilă Marioara *Mineralogische Bemerkungen betreffend das Freigold im Gebirge Highiş*

Betont wird das Vorkommen von Freigold in dem Bereich des Movilita Tals, auf welcher Grundlage werden geologische und mineralogische Untersuchungen, für die Entdeckung von Gold auch in anderen Bereichen des Gebirges Highiş anlaufen; dieses soll in der Zukunft auch wirtschaftliches Interesse aufweisen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.33

Ionescu, N.M. et al. *Methode und Algorithmus für die Lieferung einer bergbaulichen Produktion von vorgegebenen Qualität*

Der Verfasser stellt ein Programm für die Herstellung eines Gemisches aus mehreren qualitativen Kohlensorten, aus verschiedenen Flözen stammend, mit verschiedenen Heizwerten vor. Dieses Gemisch soll am Ende einen vorgegebenen Heizwert aufweisen. Dieses Programm wurde zur Lösung einer Forschungsaufgabe für das Bergbaukombinat Ploieşti angewendet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 681.3:622.243.2

Cremenescu, Gh. *Rechnersimulation für die Optimierung des mechanischen Bohrbetriebs*

Vorgestellt wird das Problem der Optimierung des mechanischen Bohrbetriebs in einem systemischen Herangehen an die Definition der Zielfunktion, der Begrenzungen und der bedeutungsvollen variablen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 620.9:622.243.1

Pârcălăbescu, I.D., Besnea, D. *Strukturänderungen der Erdöle in den Gewinnungsprozessen*

Die chemischen Analysen die spezifisch für die Chemie der Erdöle sind, zeichnen die Strukturänderungen in dem Gewinnungsprozess, auf Grund der eigenen Energie und durch untertägige Verbrennung auf. In der Arbeit werden die Änderungen durch energetische und strukturelle Gründe erklärt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

# SOMMAIRE

C.Z. 622.285:622.33

Medveş, E. et al. *L'augmentation du degré d'adaptabilité dynamique du soutènement marchant utilisé dans les mines de charbon*

On présente les résultats des essais et les solutions d'amélioration des soutènements marchants en vue de l'augmentation du degré d'adaptabilité dynamique. On présente de même un modèle rhéologique d'un étançon hydraulique avec un degré élevé d'adaptabilité dynamique et la solution constructive générée par ce modèle.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.012.4:658.589

Tiplea, V. *Ligne technologique flexible pour le reconditionnement des pièces de réserve de l'outillage minier*

L'auteur présente les étapes parcourues par un processus technologique de réconditionnement des pièces de réserve dans une ligne technologique flexible.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.673.2

Chiseliţă, I. *La nécessité et l'importance de l'élaboration des standards d'état pour la projéction et l'execution des tours d'extraction minière*

On analyse les aspects de projéction et réalisation des constructions pour les tours d'extraction, respectivement: la classification et les components des tours d'extraction; la forme et les dimmensions principales; les prescriptions de calcul; les prévisions constructives et les conditions techniques de qualité en phase d'execution — aspects qu'on doit prendre en considération dans l'élaboration des standards d'état pour la projéction des tours d'extraction minière.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.86

Găman, M. et al. *La sélection, entrainement et l'intervention des sauveteurs miniers pour le travail dans des conditions de température et humidité élevées*

En vue de l'attestation concernant le travail dans des conditions de température et humidité élevées, dans le cadre du Centre de recherches pour la sécurité minière de Petroşani on a investigué 40 sauveteurs miniers âgés entre 22—40 années dans une chambre climatique dans laquelle on a réalisé une température de 44—45°C et une humidité de 70—80%. Les résultats obtenus ont mené à la définitivation des ,,Instructions concernants les méthodes de sélection, entrainement et action des sauveteurs miniers dans des conditions de température et humidité élevées".

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.342.1

Drăgilă, Marioara *Obsérvationsminéralogiques concernant l'or natif des montagnes Highiş*

On met en rélief la présence de l'or natif dans la zone de la vallée Movilita, présence qui va ouvrir probablement la perspective de certaines recherches géologiques et minéralogiques pour retrouver l'or dans d'autres régions aussi du massif Highiş, or qui présentera dans le futur un intérêt économique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 622.33

Ionescu, N. M. *Méthode et algorhytme de calcul pour la livraison d'une production minière de qualité imposée*

L'auteur présente un programe pour la réalisation d'un mélange de plusieurs sortiments qualitatifs de charbon, provenu des couches différentes, avec des valeurs calorifiques différentes, mélange qui finalement doit avoir une valeur calorifique imposée. Ce programe a été appliqué pour la résolution d'un thème de recherche dont le bénéficiaire est le Combinat minier Ploieşti.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 681.3:622.243.2

Cremenescu, Gh. *La simulation sur le calculateur de l'optimisation du régime mécanique de forage*

On présente le problème de l'optimisation du régime mécanique de forage dans une abordation systémique de définition de la fonction-objéctif, des restrictions et des variables significatives de commande.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

C.Z. 620.9:622.243.1

Pârcălăbescu, I. D., Besnea, D. *Modifications structurales des huiles dans les processus d'exploitation*

Les analyses chimiques, spécifiques à la chimie des huiles, mettent en évidence les modifications structurales dans le processus d'exploitation au compte de l'énergie propre et par combustion souterraine. Dans l'ouvrage on donne des explications énergétiques et structurales de ces modifications.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 4, 1989

---

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71101, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul; Întreprinderea poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti.

Grafica: A. Socaciu

**Preţul: 13 lei/exemplar**

# Mărirea gradului de adaptabilitate dinamică a susţinerilor miniere mecanizate utilizate în abatajele minelor de lignit

Ing. **E. Medveş**, ing. **D. Fotă**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova
Prof. dr. doc. **N. Cristescu**, lector **S. Tigoiu**
Universitatea Bucureşti

## I. Consideraţii generale

Dezvoltarea impetuoasă a industriei extractive miniere, în mod deosebit a extracţiei cărbunelui din ţara noastră, a determinat, printre altele, şi valorificarea unor zăcăminte mai greu de exploatat, datorită adîncimilor mari de exploatare, succesiunii de strate acoperitoare, a căror proprietăţi mecanice diferă mult între ele, prezenţei stratelor acvifere sub presiune, prezenţei stratelor cu conţinut mare de gaze etc.

În astfel de situaţii pot avea loc manifestări bruşte ale rocilor din acoperişul stratelor de cărbune, manifestări ce sînt numite lovituri de acoperiş.

Modul de interacţiune dintre susţinere şi rocile din acoperiş, în cazurile unor manifestări bruşte a acţiunii rocilor asupra susţinerii, este caracterizat prin gradul de adaptabilitate dinamică, adică prin capacitatea sistemului rocă-susţinere de a funcţiona în condiţiile unor viteze diferite de încărcare a susţinerii mecanizate, pentru contracararea efectelor distructive ale loviturilor de acoperiş. Aceasta este o problemă pentru care se depun mari eforturi de cercetare în majoritatea ţărilor cu o industrie minieră dezvoltată.

O serie de cercetări în acest sens se fac în U.R.S.S., R.P. Polonă, Anglia, R. F. Germania, R. S. Cehoslovacă şi alte ţări, efectuindu-se experimente in situ şi în laborator.

Aşa cum s-a arătat, unul din factorii principali care condiţionează gradul de adaptabilitate dinamică a unei susţineri este viteza de încărcare a susţinerii, respectiv manifestarea acţiunii rocilor din tavanul abatajului. Cînd vorbim de viteză de încărcare (viteza de convergenţă a acoperişului) problema trebuie analizată în două cazuri, şi anume primul caz al vitezelor obişnuite, cvasistatice, de manifestare a încărcării, cu valori ce pot atinge maximum 1—2 mm/s, iar al doilea caz al menifestărilor dinamice, sub formă de şoc, cînd vitezele de convergenţă pot atinge 250 mm/s şi mai mult.

Cînd vorbim de vitezele de manifestare a presiunii rocilor vorbim şi de energiile de lovire, care — de regulă —au două componente, şi anume energia de compresiune elastică, înmagazinată de rocă în urma tensionării acesteia datorită condiţiilor geomecanice specifice, precum şi de energia adiacentă volumului de roci înconjurătoare.

Manifestarea energiei de lovire este asociată cu tendinţa de desprindere a rocilor din acoperiş, tendinţă ce depinde, la rîndul ei, de caracteristicile mecanice, de structura rocilor din acoperişul direct, precum şi de adîncimea de exploatare şi tensiunile primare in situ, grosimea stratului exploatat, respectiv înălţimea frontului de lucru, înclinarea formaţiunilor de roci ce alcătuiesc complexul productiv, structura stratului de cărbune etc.

Pe plan mondial există o multitudine de observaţii, făcute de-a lungul a peste 150 ani, asupra manifestărilor dinamice din minele de cărbune, a condiţiilor de manifestare, frecvenţei acestora, energiei de lovire etc.

În general, aceste manifestări au o energie de lovire ce se situează între $10^3$ şi $10^9$ J.

La noi în ţară, astfel de manifestări au fost semnalate începînd cu anul 1894 la minele Secul, Doman, Anina din Banat, Petrila şi Lupeni din bazinul Valea Jiului, cît şi în bazinul Corniţel — Valea Neagră.

Frecvenţa loviturilor de acoperiş la aceste mine a fost relativ redusă şi cu energii estimate de $10^3 - 10^4$ J.

Avînd în vedere condiţiile geomecanice în care urmează să se desfăşoare viitoarea exploatare a unor strate, se impune folosirea unor echipamente de susţinere care să dispună de o adaptabilitate dinamică mărită, astfel încît să fie sigure în exploatare, fără a se crea accidente tehnice sau umane în momentul apariţiei unor lovituri de mină.

Gradul de adaptabilitate al sistemului de interacţiune dintre susţinerile mecanizate şi acoperişul de bază se poate exprima prin raportul dintre valoarea minimă a vitezelor critice de deformare a ansamblului rocă-susţinere şi valoarea reală efectivă a vitezei de deformare:

$$G_{ad} = \frac{V_{cr}}{V_r}, \qquad (1)$$

unde:

$V_{cr}$ este viteza limită determinată de capacitatea de lucru a supapelor de siguranţă cu care sînt echipaţi stîlpii hidraulici de susţinere; această viteză depinde de tipul constructiv al supapei şi este independentă de viteza de încărcare a susţinerii;

$V_r$ — viteza de cedare a susținerii sub acțiunea presiunii rocilor și caracterizează mișcarea ansamblului rocă-susținere.

În cazul în care $G_{ad} > 1$, susținerea se adaptează condițiilor de deformare, spre deosebire de cazurile cînd $G_{ad} \leqslant 1$, în care susținerea poate fi distrusă, prin suprasolicitarea subansamblelor sale.

Pentru stabilirea gradului de adaptabilitate dinamică a susținerilor mecanizate utilizate în minele de lignit din țară, respectiv pentru determinarea vitezelor de deformare a stîlpilor sub acțiunea unor sarcini exterioare, s-a recurs la o serie de experimentări care vor fi prezentate în cele ce urmează.

Pe baza parametrilor funcționali ai stîlpilor, stabiliți experimental, funcționarea acestora se poate descrie cu ajutorul unor ecuații reologice constitutive, care jalonează, la rîndul, lor căile de îmbunătățire constructivă, în scopul măririi gradului de adaptabilitate dinamică a susținerilor.

Avînd în vedere că tipul de stîlpi hidraulici frecvent utilizați la susținerile mecanizate din minele de lignit este cel de 800 kN, în cele ce urmează referirile se vor face cu preponderență la acesta.

## II. Stabilirea gradului de adaptabilitate dinamică a susținerilor mecanizate

Pentru caracterizarea interacțiunii rocă-susținere s-a determinat variația portanței $P$ a susținerii la o încărcare $Q$ constantă a acesteia, în următoarele condiții de experimentare:

$$Q = Q_{max} = \text{const.}$$

și:

$$0 \leqslant P \leqslant Q_{max}, \tag{2}$$

unde:

$Q_{max}$ este sarcina maximă ce poate acționa asupra susținerii.

În aceste condiții s-a înregistrat variația vitezei de deformare a susținerii, viteză care se poate situa între limitele $V^0_{max} \geqslant V \geqslant 0$, unde cu $V^0_{max}$ s-a notat viteza inițială de deformare a ansamblului rocă-susținere, corespunzătoare stării libere a acestora, respectiv $P \simeq 0$.

O altă determinare, realizată în același scop, a satisfăcut condițiile:

$$P = P_{nom} = \text{const.}$$

și:

$$0 \leqslant Q \leqslant Q_{max}, \tag{3}$$

unde:

$P_{nom}$ este portanța susținerii, corespunzătoare reglării supapei de siguranță.

În aceste condiții viteza $V$ de deformare a susținerii poate fi cuprinsă în limitele:

$$V' \leqslant V \leqslant V_{max},$$

unde:

$V'$ este viteza de deformare în momentul cînd $Q = P_{nom}$;

$V_{max}$ — viteza de deformare a susținerii pentru o încărcare $Q_{max}$.

Cu datele obținute din aceste determinări s-a stabilit domeniul de viteze de închidere a susținerii pentru următoarea încărcare:

$$P = | P^0 \rightarrow P_{nom} \rightarrow Q_{max} | \tag{4}$$

unde:

$P^0$ este sarcina inițială de preîntepenire a susținerii.

Așa cum s-a arătat, în vederea determinării acestor parametri funcționali s-au efectuat experimentări pe stîlpi hidraulici echipați cu supape de siguranță de fabricație românească și poloneză, reglate la presiuni de 150; 200; 250; 300 350 și 420 bar.

Experimentările au fost făcute pe standurile de probă de la I.U.M. Filipești de Pădure.

Pentru descrierea mai ușoară a experimentărilor și a rezultatelor acestora, în cele ce urmează vom adopta notațiile:

$P_a$ — presiunea la care este pompată emulsia de către agregatul hidraulic;

$P_s$ — presiunea de reglare a supapei de siguranță;

$P_1$ — presiunea din cilindru în spatele pistonului;

$P_2$ — presiunea din cilindru în fața pistonului;

$Q$ — forța axială de încărcare a stîlpului;

$h_0$, $h$ — lungimile stîlpului extins, respectiv total închis;

$\Delta h_1$ — variațiile dimensiunii longitudinale a stîlpului;

$\Delta h_t$ — variațiile dimensiunii transversale a stîlpului;

$s_1$ — suprafața de lucru din spatele pistonului;

$s_2$ — suprafața de lucru din fața pistonului;

$t$ — timpii cronometrați ai mișcărilor tijei pistonului.

Experimentările au parcurs mai multe etape, după cum urmează:

— determinarea vitezelor maxime a mișcării ansamblului bac stand—piston stîlp;

— determinarea inerției supapelor de siguranță;

— determinarea vitezelor de deformare a stîlpului;

— determinări asupra calității oțelurilor din care a fost confecționat stîlpul, precum și a emulsiei hidraulice.

Valorile medii obținute prin prima categorie de experiențe pentru stîlpul de 800 kN sînt redate în figura 1, din care se poate constata viteza relativ mică care poate fi realizată de

standul de încercări de circa 10—11 mm/s, în comparație cu circa 56 mm/s cît s-a realizat cu ajutorul lichidului hidraulic introdus în spatele pistonului.

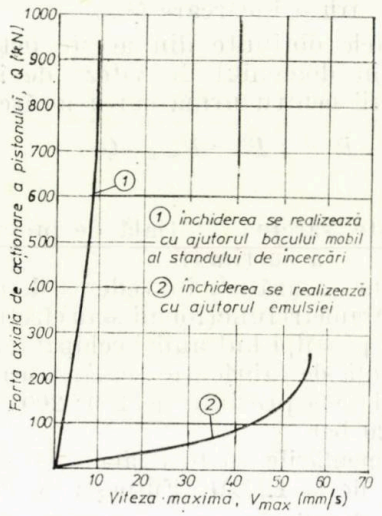



Fig. 1. Variația vitezei de închidere a stîlpului fără lacăt.

În ceea ce privește inerția de deschidere-închidere a supapelor de siguranță cu care sînt echipați stîlpii hidraulici, au fost determinate presiunile de începere a deschiderii supapelor de siguranță $P_{si}$ și cele de închidere totală $P_{sf}$ a acestora, determinate experimental și redate, pentru cele două tipuri de supape, în tabelul 1.

*Tabelul 1*

| Tipul supapei | Presiunea, de reglare $P_s$, bar | Presiunea de începere a deschiderii, $P_{si}$, bar | Presiunea de închidere totală $P_{sf}$, bar |
|---|---|---|---|
| Supapă de fabricație R.S.R. | 150 | 115 | 115 |
| | 200 | 160 | 150 |
| | 250 | 225 | 225 |
| | 300 | 280 | 270 |
| | 350 | 290 | 290 |
| | 420 | 350 | 350 |
| Supapă de fabricație R.P.P. | 150 | 120 | 110 |
| | 200 | 175 | 175 |
| | 250 | 230 | 220 |
| | 300 | 270 | 265 |
| | 350 | 315 | 315 |
| | 420 | 360 | 350 |

Datorită faptului că timpii de trecere de la faza închis la faza deschis a supapelor (sau invers) au valori de ordinul a cîteva sutimi pînă la 1—2 zecimi de secundă, aceștia nu s-au putut cronometra efectiv, putîndu-se aprecia faptul că numai acest timp scade o dată cu mărirea presiunii de lucru a supapei.

O altă categorie de determinări a constat în stabilirea deformațiilor stîlpului hidraulic. Principalele deformații măsurate au fost deformațiile longitudinale, iar pentru determinarea constantelor elastice ale stîlpului, necesare la elaborarea modelului matematic care să descrie comportamentul acestuia, au fost măsurate și deformațiile transversale. În figura 2, pre-

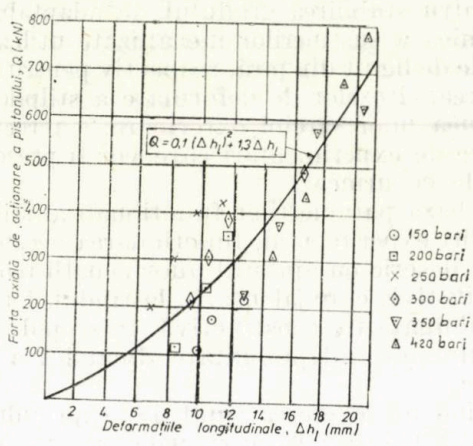



Fig. 2. Diagrama de variație a deformațiilor longitudinale elastice ale stîlpului hidraulic de 800 kN.

lucrînd statistic valorile măsurătorilor obținute pe stîlpul echipat cu supape reglate pe rînd la diverse presiuni, este redată curba de variație $Q - \Delta h_1$, ecuația acestei curbe, în cazul stîlpului de 800 kN, fiind de forma:

$$Q = 0,1\,(\Delta h_1)^2 + 1,3\Delta h_1. \qquad (5)$$

Pentru ca deformațiile stîlpului să poată fi introduse într-un model matematic, sînt necesare următoarele notații:

$$\sigma = \frac{Q}{s_2} = P_2 \text{ și } \varepsilon = 1 - \frac{\Delta h_1}{h_0}. \qquad (6)$$

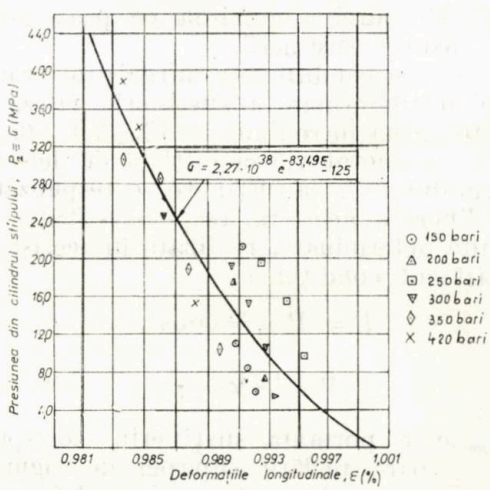



Fig. 3. Diagrama de variație a deformațiilor longitudinale ale stîlpului hidraulic de 800 kN.

Curba statistică $\sigma - \varepsilon$ ce derivă din relaţia (5) este de forma:

$$\sigma = 2{,}27 \cdot 10^{38} \cdot e^{-83{,}49\,\varepsilon} - 125 \qquad (7)$$

şi este redată în figura 3.

La stîlpul deschis, deplasarea pistonului este neliniară datorită deformării prin umflare a cilindrului şi compresibilităţii emulsiei.

Pentru a verifica deformaţiile elastice ale stîlpului, eliminînd efectele de umflare şi compresibilitate amintite, s-au făcut măsurători şi pe stîlpul complet închis, solicitarea fiind preluată numai de materialul din care sînt confecţionate pistonul şi cilindrul. Rezultatele sînt prezentate în figura 4, în care se constată

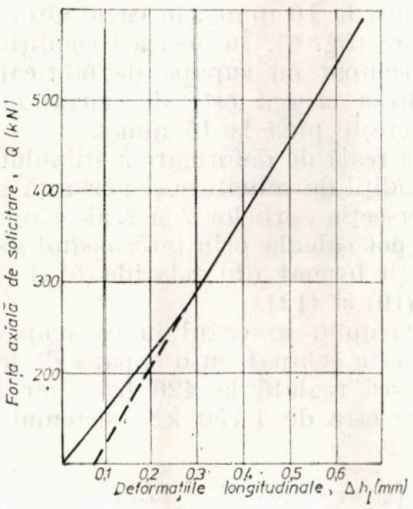



Fig. 4. Diagrama de variaţie a deformaţiilor longitudinale ale stîlpului complet închis.

deformarea liniară, caracteristică comprimării metalului.

Curba de variaţie a deformaţiilor transversale maxime —situaţie ce corespunde stîlpului complet deschis — este prezentată în figura 5 unde, aplicînd aceeaşi metodă de prelucrare statistică, a putut fi stabilită ecuaţia:

$$Q = 143 \sqrt{\Delta h_t}. \qquad (8)$$

Cu ajutorul parametrilor de deformare determinaţi experimental s-a calculat modulul de elasticitate al stîlpului complet deschis, modul ce variază — în funcţie de forţa de solicitare $Q$ — între 700,28 şi 2 571,5 MPa, valorile crescînd o dată cu forţa de solicitare, dar nu liniar. Valorile obţinute arată că modulul de elasticitate al stîlpului complet închis variază între 17 174,3 şi 22 033,8 MPa. Coeficientul lui Poisson al stîlpului complet deschis are valori cuprinse între $5{,}07 \cdot 10^{-4}$ şi $12{,}893 \cdot 10^{-3}$, valori care cresc o dată cu creşterea forţei de tensionare.

După prelucrarea valorilor de deformare-cedare a stîlpilor s-au trasat curbele de variaţie a vitezelor obţinute pentru cele două situaţii

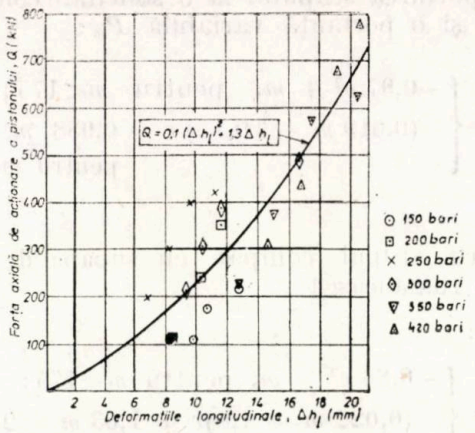



Fig. 5. Diagrama de variaţie a deformaţiilor transversale ale stîlpului hidraulic de 800 kN.

de solicitare, adică pentru $Q$ = const. şi pentru $P$ = const.

Pentru primul tip de solicitare, în figurile 6 şi 7 s-au trasat curbele *1* pentru stîlp echipat

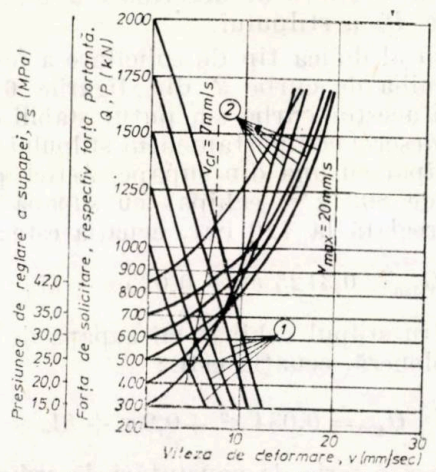



Fig. 6. Curbele de funcţionare a stîlpului hidraulic de 800 kN echipat cu supapa de construcţie românească.

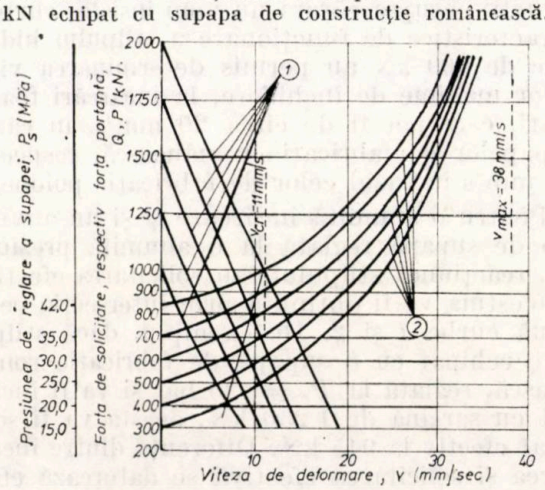



Fig. 7. Curbele de funcţionare a stîlpului hidraulic de 800 kN echipat cu supapa de construcţie poloneză.

cu supapă de fabricație românească, respectiv poloneză. Pe baza unor prelucrări matematico-statistice s-a stabilit ecuația care definește comportarea stîlpului la o solicitare constantă $Q_{max}$ și o portanță variabilă $P_m$:

$$P_m = \begin{cases} -0{,}97\ v^2 + m, & \text{pentru } m < 175; \\ -(0{,}019\ m + 10{,}15)\ v + 0{,}988\ m + 4{,}8, & \text{pentru } m \geqslant 175, \end{cases} \quad (9)$$

pentru stîlpul echipat cu supapa de fabricație românească

și:

$$P_m = \begin{cases} -0{,}86\ v^2 + m, & \text{pentru } m < 175; \\ -(0{,}022\ m + 4{,}8)v + 1{,}03\ m - 21{,}5, & \text{pentru } m \geqslant 175, \end{cases} \quad (10)$$

pentru stîlpul echipat cu supapă de fabricație poloneză.

Valoarea $m$ definește forța de încărcare constantă, iar $v$ viteza de deformare la o anumită portanță $P_m$ a stîlpului.

Pentru al doilea tip de solicitare a fost trasată familia de curbe *2* din figurile 6 și 7. Pe baza acestor curbe s-a putut stabili o ecuație ce descrie comportamentul stîlpului hidraulic echipat cu una din supape. Astfel, pentru stîlpul de 800 kN, echipat cu supapă românească reglată la 420 bar, ecuația este:

$$Q_{420} = 0{,}3125\ v^2 + 0{,}625\ v + 85, \quad (11)$$

iar pentru stîlpul echipat cu supapa de fabricație poloneză, ecuația este:

$$Q_{420} = 0{,}034\ v^2 + 0{,}9\ v + 81.$$

Pe lîngă o serie de constatări de ordin constructiv, asupra cărora nu vom insista, curbele caracteristice de funcționare a stîlpului hidraulic de 800 kN au permis determinarea vitezelor maxime de închidere, la încărcări foarte mari, care pot fi de circa 20 mm/s, în cazul supapelor de fabricație românească, respectiv 38 mm/s în cazul celor de fabricație poloneză.

Pentru o anumită încărcare $Q$ și un anumit tip de supapă reglată la o anumită presiune $P_s$, reacțiunea stîlpului sau solicitarea efectivă a acestuia va fi obținută prin intersecția celor două curbe *1* și *2*. De exemplu, dacă stîlpul este echipat cu o supapă de fabricație românească, reglată la $P_s = 420$ bar și va fi încărcat cu sarcină de 1 250 kN, acesta va fi solicitat efectiv la 945 kN. Diferența dintre încărcarea și solicitarea efectivă se datorează efectului supapei care permite detensionarea stîlpului prin scurgerea emulsiei din cilindru; viteza de închidere a stîlpului în această situație este de 4,5 mm/s.

Pentru stabilirea coeficientului de adaptabilitate dinamică a fost necesară stabilirea vitezei critice de încărcare a stîlpului, viteză generată de forța de solicitare care reprezintă limita solicitărilor ce produc deformații elastice ale cilindrului stîlpului.

În funcție de aceste condiții s-a calculat efortul axial maxim la care poate fi solicitat stîlpul de 800 kN, presupunînd blocarea totală a supapei. Valoarea acestei forțe este de aproximativ 2 000 kN, iar viteza critică de cedare în această situație este de 7 mm/s, pentru stîlpul echipat cu supapă de fabricație românească reglată la 420 bar, viteză ce poate crește pînă la 10 mm/s, în cazul altor presiuni de reglare (fig. 6). În aceleași condiții, pentru stîlpul echipat cu supapa de fabricație poloneză viteza critică este de circa 11 mm/s, putînd crește pînă la 15 mm/s.

Viteza reală de deformare a stîlpului în anumite condiții de solicitare și portanță se obține din intersecția curbelor *1* și *2*, ale căror coordonate se pot calcula prin intermediul sistemului de ecuații format din relațiile (9) și (11), respectiv (10) și (12).

De exemplu, în cazul în care un stîlp de 800 kN este echipat cu o supapă de fabricație românească reglată la 420 bar, iar forța de încărcare este de 1 750 kN, sistemul de ecuații este:

$$\begin{cases} Q = -0{,}97\ v^2 + 175; \\ Q = 0{,}3135\ v^2 + 0{,}625\ v + 85. \end{cases} \quad (13)$$

Prin calcul rezultă: $Q = 1\,045$ kN și $V_r = 7$ mm/s, iar pentru o încărcare de 6 000 kN avem:

$$\begin{cases} Q = -21{,}55\ v + 597{,}6; \\ Q = 0{,}3135\ v^2 + 0{,}625\ v + 85, \end{cases} \quad (14)$$

rezultînd: $Q = 1\,970$ kN și $V_r = 18$ mm/s.

Pentru aceste cazuri coeficientul de adaptabilitate dinamică este:

$$G_{ad\,1\,750} = \frac{7{,}0}{7{,}0} = 1{,}0$$

și:

$$G_{ad\,6\,000} = \frac{7}{18} = 0{,}388.$$

Deci stîlpul este la limita adaptabilității sale în primul caz și este neadaptabil în al doilea caz.

În situația în care se constată că valoarea coeficientului de adaptabilitate dinamică a unui anumit tip de susținere este subunitar, este necesar să se treacă la stabilirea căilor de îmbunătățire a portanței susținerii.

Așa cum s-a arătat, pentru stabilirea ecuațiilor reologice ce descriu comportamentul stîlpilor hidraulici a fost necesară și stabilirea caracteristicilor mecanice ale oțelurilor din care este confecționat stîlpul, precum și proprietățile emulsiei.

Principalele proprietăți determinate în laborator, pentru materialul din care este construit stîlpul, sînt cuprinse în tabelul 2.

*Tabelul 2*

| Specificație | Tija pistonului | Cilindrul stîlpului |
|---|---|---|
| Material | 40 C 10 | OLT 65 |
| Rezistența de rupere la tracțiune, MPa | 1013 | 663 |
| Limita de curgere, MPa | 301 | 391 |
| Alungirea, % | 10 | 15 |
| Duritatea H. B | 220 | 230 |
| Rezilienta KGU 30/2, MPa | 0,61 | 0,72 |

În ceea ce privește caracteristicile emulsiei s-a determinat coeficientul de compresiune relativă β, pentru că acesta este factorul care interesează la calculul deformabilității stîlpului și a fost determinat pentru diverse procente de amestec de ulei emulsionabil și apă. În tabelul 3 sînt prezentate proprietățile determinate pentru emulsie în care :

$E_v$ este modulul de elasticitate a lichidului la 20°C ;

$E_0$ — modulul de elasticitate adiabatic ;

$E'_v$ — modulul de elasticitate a lichidului cu un volum de aer nedizolvat ;

$\beta$ — coeficientul de compresiune relativă ;

$\beta_0$ — coeficientul de compresiune relativă în domeniul compresiunilor adiabatice ;

$\beta'$ — coeficientul de compresiune relativă în prezența unui volum de aer nedizolvat în lichid.

## III. Prezentarea modelului reologic a comportamentului stîlpilor hidraulici de 800 kN

Pentru analizarea comportării stîlpului hidraulic de 800 kN a fost formulat un model reologic care ține seama de principalele proprietăți mecanice ale stîlpului.

Utilizînd datele experimentărilor descrise în capitolul II au putut fi puse în evidență următoarele trei propietăți fundamentale :

— elasticitatea stîlpului, datorită elasticității metalului din care sînt confecționate subansamblele stîlpului dar și compresibilității elastice a lichidului hidraulic ce se află în cilindru ;

— inerția de deschidere a supapei ;

— funcționarea supapei complet deschise.

Cu ajutorul acestor proprietăți a putut fi stabilită ecuația care descrie comportamentul stîlpului și care este o ecuație constitutivă de tip elasto-vîscoplastic, dependentă de timp, sub formă :

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{b(\sigma + c)} + k_1 \left\langle 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma} \right\rangle H(\sigma_2 - \sigma) + k_2 \left\langle 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma} \right\rangle. \quad (15)$$

Cu ajutorul acestei ecuații constitutive se poate descrie funcționarea globală a stîlpului pentru orice regim de încărcare și se pot pune în evidență și limitările în funcționarea acestuia.

Semnificațiile notațiilor din relația (15) sînt :

$\dot{\varepsilon}$ este viteza de deformare globală a stîlpului ;

$\dot{\sigma}$ — viteza de încărcare cu tensiune a stîlpului ;

$\sigma$ — tensiunea în stîlp ;

$b, c$ — constante experimentale ce caracterizează comportamentul global elastic al stîlpului ;

$\sigma_1$ — tensiunea minimă ce caracterizează deschiderea supapei ;

$\sigma_2$ — tensiunea corespunzătoare deschiderii complete a supapei ;

*Tabelul 3*

| Proporția ulei/apă | Module de elasticitate, MPa | | | Coeficienți de compresibilitate, $Pa^{-1}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $E_v$ | $E_0$ | $E'_v$ | $\beta$ | $\beta_0$ | $\beta'$ |
| 2/98 | $2{,}084 \cdot 10^3$ | $2{,}5 \cdot 10^3$ | $1{,}042 \cdot 10^3$ | $47{,}98 \cdot 10^{-5}$ | $39{,}98 \cdot 10^{-5}$ | $95{,}96 \cdot 10^{-5}$ |
| 3/97 | $2{,}076 \cdot 10^3$ | $2{,}491 \cdot 10^3$ | $1{,}038 \cdot 10^3$ | $48{,}16 \cdot 10^{-5}$ | $40{,}14 \cdot 10^{-5}$ | $96{,}3 \cdot 10^{-5}$ |
| 4/96 | $2{,}068 \cdot 10^3$ | $2{,}481 \cdot 10^3$ | $1{,}034 \cdot 10^3$ | $48{,}35 \cdot 10^{-5}$ | $40{,}29 \cdot 10^{-5}$ | $96{,}7 \cdot 10^{-5}$ |
| 5/95 | $2{,}06 \cdot 10^3$ | $2{,}472 \cdot 10^3$ | $1{,}03 \cdot 10^3$ | $48{,}54 \cdot 10^{-5}$ | $40{,}45 \cdot 10^{-5}$ | $97{,}08 \cdot 10^{-5}$ |
| 6/94 | $2{,}052 \cdot 10^3$ | $2{,}462 \cdot 10^3$ | $1{,}026 \cdot 10^3$ | $48{,}73 \cdot 10^{-5}$ | $40{,}61 \cdot 10^{-5}$ | $97{,}4 \cdot 10^{-5}$ |
| 7/93 | $2{,}044 \cdot 10^3$ | $2{,}45 \cdot 10^3$ | $0{,}022 \cdot 10^3$ | $48{,}92 \cdot 10^{-5}$ | $40{,}77 \cdot 10^{-5}$ | $97{,}8 \cdot 10^{-5}$ |
| ulei | $1{,}3 \cdot 10^3$ | $1{,}56 \cdot 10^3$ | $0{,}65 \cdot 10^3$ | $76{,}92 \cdot 10^{-5}$ | $64{,}1 \cdot 10^{-5}$ | $153{,}84 \cdot 10^{-5}$ |
| apă | $2{,}1 \cdot 10^3$ | $2{,}52 \cdot 10^3$ | $1{,}05 \cdot 10^3$ | $47{,}619 \cdot 10^{-5}$ | $39{,}68 \cdot 10^{-5}$ | $95{,}238 \cdot 10^{-5}$ |

$k_1$ — constanta ce caracterizează inerţia de deschidere a supapei, $timp^{-1}$;

$k_2$ — constanta ce caracterizează funcţionarea supapei complet deschise, $timp^{-1}$;

$H$ — funcţia lui Heaviside;

$\langle A \rangle$ — partea pozitivă a lui A, adică $\langle A \rangle = \begin{cases} A \text{ dacă } A > 0 \\ 0 \text{ dacă } A \leqslant 0 \end{cases}$

Din utilizarea acestui model reologic au rezultat diagrama şi datele prezentate în figura 8 pentru stîlpul hidraulic de 800 kN, echipat

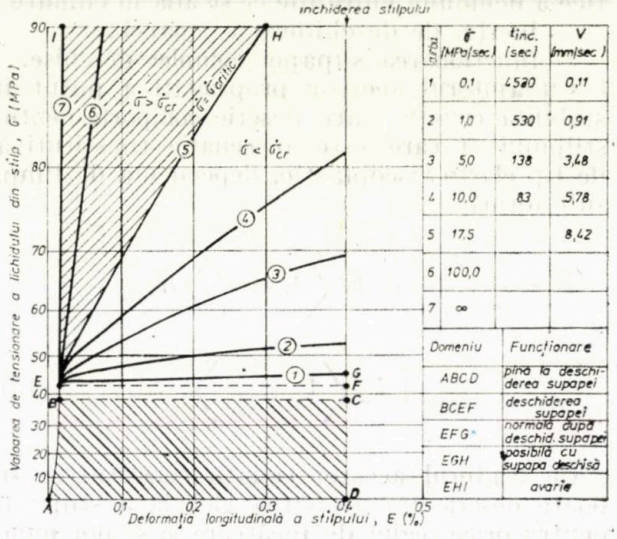



Fig. 8. Deformarea longitudinală a stîlpilor hidraulici de 800 kN, în funcţie de viteza de deformare şi de presiunea.

cu supapă de construcţie românească. Curbele tensiune-deformaţie din figură au fost trasate pentru diverse viteze de încărcare cu eforturi a stîlpului, fiind de asemenea delimitate domeniile de lucru ale acestuia în funcţie de viteza sa de închidere şi de variaţia presiunii lichidului din cilindru.

Viteza critică de lucru are valoarea de 8,42 mm/s, pentru o viteză de încărcare cu tensiuni a stîlpului:

$$\dot{\sigma}_{cr} = 17{,}5 \text{ daN cm}^{-2} \text{ s}^{-1}.$$

În diagramă sînt prezentate de asemenea şi o serie de valori intermediare ale vitezelor de închidere ale stîlpului la solicitări diferite, cu domeniile de lucru respective. Timpul de închidere a stîlpului este dat de intersecţia curbelor cu verticala $\varepsilon = \varepsilon_{max}$. În figura 9 este redată diagrama vitezelor de închidere a stîlpului stabilite cu ajutorul modelului reologic.

## IV. Modelul reologic al stîlpilor hidraulici de 800 kN cu grad mărit de adaptabilitate dinamică

Din analiza modelului reologic prezentat în capitolul anterior rezultă şi căile care ar trebui de urmat pentru creşterea adaptabilităţii stîlpilor în cazul solicitărilor dinamice. În acest scop au fost concepute două modele reologice

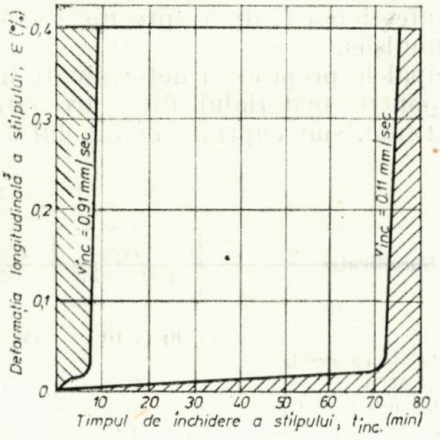



Fig. 9. Diagrama vitezelor de închidere a stîlpului, determinate cu ajutorul modelului reologic.

al căror răspuns la încărcări dinamice să fie vîscos sau instantaneu.

Primul model poate fi caracterizat prin următoarea ecuaţie constitutivă:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{b(\sigma + c)} + k_1 \left\langle 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma} \right\rangle H(\sigma_2 - \sigma) +$$

$$+ k_2 \left\langle 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma} \right\rangle + \sum_{k \geqslant 3}^{m} f_k(\sigma, \varepsilon) H(\sigma - \sigma_k), \qquad (16)$$

cu:

$$\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3 < \sigma_4 < \ldots < \sigma_m,$$

în care termenii din sumă ar corespunde diverselor tipuri de disipări vîscoase, ca de exemplu utilizarea unor supape de siguranţă adiţionale, realizate în una din variantele:

- mai multe supape de siguranţă reglate la diverse presiuni de deschidere crescătoare;
- supape de siguranţă cu un număr sporit de canale;
- supape de siguranţă cu canale lărgite.

În urma unei analize detaliate s-a putut ajunge la concluzia că soluţiile sugerate de această ecuaţie nu vor produce creşteri corespunzătoare ale gradului de adaptabilitate a stîlpului la solicitări dinamice.

Al doilea model este descris prin ecuaţia:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{b(\sigma + c)} + k_1 \left\langle 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma} \right\rangle H(\sigma_2 - \sigma) +$$

$$+ k_2 \left\langle 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma} \right\rangle + \sum_{l \geqslant 3}^{p} F_l(\sigma, \varepsilon)\, \dot{\sigma} H(\sigma - \sigma_l), \qquad (17)$$

cu:

$$\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3 < \sigma_4 < \ldots < \sigma_p.$$

Termenul sumă al relației (17) descrie comportamentul unor elemente adiționale cu răspuns instantaneu. În categoria elementelor adiționale ce sînt cuprinse în ecuație pot intra, de exemplu: elemente plastice; elemente cu frecare; elemente cu rupere; elemente cu gaz sub presiune; sisteme hidraulice ce facilitează transferul brusc și cu mare debit al lichidului din stîlp într-un alt recipient.

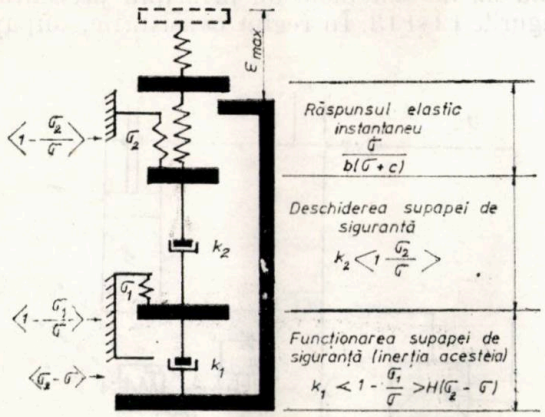



Fig. 10. Schema mecanică a modelului reologic al stîlpului hidraulic de 800 kN.

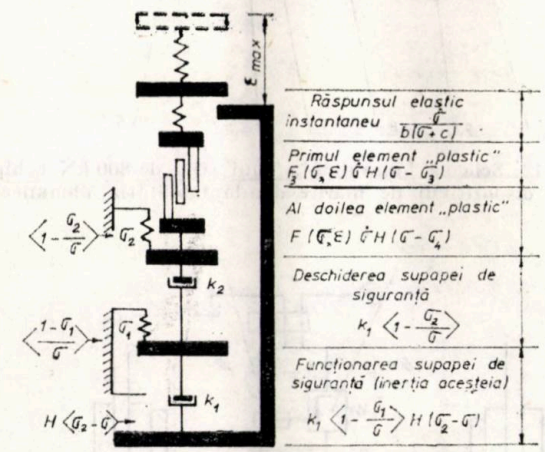



Fig. 11. Schema mecanică a modelului reologic al stîlpului hidraulic de 800 kN cu adaptabilitate dinamică îmbunătățită.

Toate elementele din această categorie produc o disipare instantanee, adică o cedare bruscă a stîlpului în cazul unei solicitări dinamice, fără a produce avarierea stîlpului.

Pentru o înțelegere intuitivă a modului cum funcționează modelul reologic al stîlpului actual, cît și al celui cu grad mărit de adaptabilitate, în figurile 10 și 11 se prezintă modelele mecanice ale modelelor reologice respective. Modelul este format din trei etaje corespunzătoare elasticității stîlpului, funcționării supapei de siguranță și inerției supapei.

Termenul $\left\langle 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma} \right\rangle$ indică faptul că arcul din etajul II este inițial întins cu tensiunea $\sigma_2$ și dèci etajul va funcționa numai pentru $\sigma > \sigma_2$.

Similară este și explicația pentru termenul $\left\langle 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma} \right\rangle$.

Termenul $H(\sigma_2 - \sigma)$ arată că etajul III se blochează la tensiunea $\sigma_2$, adică nu funcționează decît între $\sigma_1$ și $\sigma_2$. Coeficienții $k_1$ și $k_2$ sînt coeficienți de viscozitate ce guvernează vitezele de închidere a stîlpului. În perioada deschiderii supapei, respectiv în perioada cînd supapa este complet deschisă, în figura 11 cele două elemente plastice sînt caracterizate de funcțiile $F_3$ și $F_4$ ce vor fi precizate pentru soluția concretă de îmbunătățire a gradului de adaptabilitate dinamică.

## V. Ecuația constitutivă a stîlpului dotat cu noul dispozitiv de protecție contra loviturilor de acoperiș

Avînd în vedere faptul că loviturile de acoperiș ce caracterizează zăcămintele de cărbune din țara noastră sînt de energii mici sau medii și deci cu viteze de încărcare proporționale cu acestea, cît și necesitatea adoptării unor variante cît mai economice, în sensul menținerii parametrilor constructivi ai susținerilor mecanizate, respectiv ai stîlpilor hidraulici și lacătelor, s-a urmat calea introducerii unor supape adiționale cu descărcare foarte rapidă, peste limitele vitezelor de încărcare.

Ideea de bază a fost ca aceste supape să poată fi utilizate opțional prin înlocuirea actualelor supape de siguranță, chiar în timpul desfășurării procesului tehnologic din abataj.

În urma analizelor făcute cu ajutorul modelelor reologice prezentate mai sus a putut fi stabilit și un model reologic al stîlpului avînd în componență un element adițional ce reprezintă o astfel de supapă pe care am denumit-o de avarie. Deoarece șocurile dinamice au apariții sporadice, noua supapă va trebui să lucreze în două moduri distincte și anume atît la solicitări cvasistatice, cît și la solicitări dinamice.

În primul caz vitezele de încărcare sînt mici, adică $0 < \dot{\sigma} < \dot{\sigma}_D$ (unde $\dot{\sigma}_D$ este valoarea limită a vitezei de încărcare pentru regim normal de lucru).

Ecuația reologică a stîlpului în regim cvasistatic de funcționare este:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{b(\sigma + c)} + \left\{ k_1 \left\langle 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma} \right\rangle + k_2 \left\langle 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma} \right\rangle \right\} H(\dot{\sigma}_D - \dot{\sigma}), \qquad (18)$$

unde :

$$H(\dot{\sigma}_D - \dot{\sigma}) = \begin{cases} 1 \text{ pentru } 0 \leqslant \dot{\sigma} \leqslant \dot{\sigma}_D, \\ 0 \text{ pentru } \sigma > \sigma_D. \end{cases}$$

În al doilea caz funcționarea stîlpului are loc pentru $\dot{\sigma} > \dot{\sigma}_D$, situație în care modelul reologic este descris prin :

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{b(\sigma + c)} + \{k_3 f(\sigma) H(\sigma - \sigma_3) + k_4 g(\sigma) H(\sigma - \sigma_4)\}[1 - H(\dot{\sigma} - \dot{\sigma}_D)], \quad (19)$$

unde :

$$1 - H(\dot{\sigma}_D - \dot{\sigma}) = \begin{cases} 0 \text{ pentru } 0 \leqslant \dot{\sigma} \leqslant \dot{\sigma}_D \\ 1 \text{ pentru } \dot{\sigma} > \dot{\sigma}_D. \end{cases}$$

Pentru această ecuație se presupune că, în general, $\sigma_3 \neq \sigma_1$, $\sigma_4 \neq \sigma_2$, $\sigma_3 < \sigma_1$ și $\sigma_4 < \sigma_2$.

Caracterizarea generală a stîlpului echipat cu noua supapă se poate face prin însumarea relațiilor (18) și (19), obținîndu-se :

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{b(\sigma + c)} + \left\{k_1 \left\langle 1 - \frac{\sigma_1}{\sigma} \right\rangle + k_2 \left\langle 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma} \right\rangle\right\} H(\dot{\sigma}_D - \dot{\sigma}) + \left\{k_3 \left\langle 1 - \frac{\sigma_3}{\sigma} \right\rangle + k_4 \left\langle 1 - \frac{\sigma_4}{\sigma} \right\rangle\right\} [1 - H(\dot{\sigma}_D - \dot{\sigma})]. \quad (20)$$

Utilizînd ecuația de mai sus, în corelație cu datele experimentale prezentate în capitolele anterioare, a fost concepută, proiectată și experimentată și o altfel de supapă de avarie care poate conferi un grad mărit de adaptabilitate dinamică stîlpilor hidraulici cu care sînt dotate echipamentele de susținere mecanizată utilizate în țară.

## VI. Prezentarea supapei de avarie

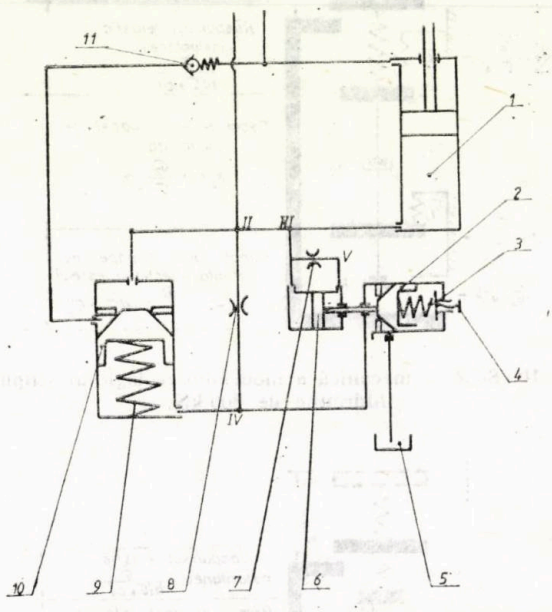
Supapa de avarie este astfel concepută încît să poată fi montată în corpul actualului lacăt, în locul supapei de siguranță, cu modificări minime în sensul prelucrării unor canale de comunicație între interioarul corpului și suprafața exterioară a corpului, a unor găuri filetate și al măririi diametrului interior în scopul montării supapei pilotate.

Supapa de avarie este formată din următoarele subansamble :

— blocul de comandă — supapa pilot ;
— împingător ;
— supapa de sens ;
— blocul de execuție — supapa pilotată.

În ansamblul lacătului hidraulic, supapa pilotată se montează în corpul lacătului, în locul supapei de siguranță, iar blocul format din supapa pilot, împingător și supapa de sens se montează pe suprafața exterioară a corpului lacătului modificat. Supapa de admisie actuală se poate menține și în această variantă de echipare.

Funcționarea noului dispozitiv va fi expusă făcînd uz de schemele de principiu prezentate în figurile 12 și 13. În regim cvasistatic, supapa




Tig. 12. Schema hidraulică a unui stîlp de 800 kN echipat cu dispozitivul de mărire a adaptabilității dinamice.

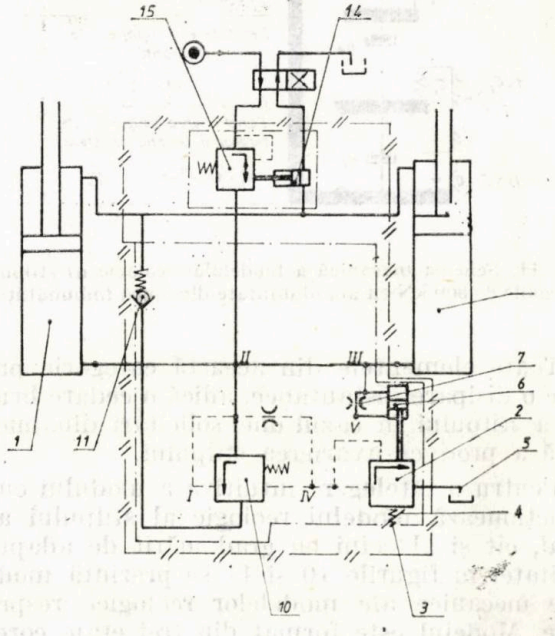



Fig. 13. Schema hidraulică a susținerii CMA-2 cu grad mărit al adaptabilității dinamice.

pilotată *10* se va deschide în momentul descărcării arcului *9* al supapei, prin utilizarea presiunii din sistem (zonele I și IV). Această presiune este comandată direct prin supapa pilot *2*. Deschiderea supapei pilotate *10* se realizează după deschiderea supapei pilot *2*, care anulează presiunea de descărcare a arcului *9*, supapa pilotată deschizîndu-se sub acțiunea presiunii din sistem, iar droselul *8* creează, datorită creșterii vitezei de curgere a lichidului, o depresiune în zona IV. Cît timp supapa pilot *2* rămîne închisă, supapa pilotată nu se deschide, indiferent de presiunea din sistem. În condiții de șoc, împingătorul *6* asigură deschiderea supapei pilot *2* la valori mici ale presiunii din sistem, dar la viteze mari de variație a acestora, astfel încît supapa pilotată primește șocul de presiune ca o supapă de sens cu resort slab. Resortul de acționare a supapei pilotate este slab atîta timp cît nu este descărcat de presiunea din sistem. Deoarece debitul de lichid ce se scurge la retur *5* din cavitatea din spatele supapei pilot este mult mai mare decît debitul ce trece prin droselul *8* din interiorul supapei pilotate, în spatele supapei pilotate apare o cădere de presiune care permite deschiderea acesteia. La scăderea presiunii din stîlpii *1*, arcul *3* al supapei pilot închide returul și, la umplerea cavității din spatele supapei pilotate cu lichid la presiunea din stîlp, supapa pilotată se închide. În condiții dinamice, șocul de presiune comandă deschiderea supapei pilot, înainte ca presiunea să crească în spatele supapei pilotate. Timpul de răspuns la comandă este foarte scurt, de ordinul cîtorva milisecunde.

Deoarece, de regulă, secțiile de susținere sînt dotate cu doi stîlpi hidraulici, s-a studiat și modul de deservire a ambilor stîlpi de o singură supapă de avarie. În figura 13 este redată schema hidraulică corespunzătoare a unei secții de susținere de tip CMA-2M echipată cu această supapă de avarie.

## VII. Principalii parametri tehnico-funcționali ai supapei de avarie

Din cercetările de laborator și uzinale, precum și din calculele tehnologice și de rezistență, au rezultat următorii parametri ai supapei de avarie montate pe stîlpul hidraulic de 800 kN.

- În condiții de lucru statice:
  - posibilitatea de reglare a presiunii de deschidere pînă la . . . $P_s = 420$ bar;
  - debitul maxim refulat la presiunea maximă reglată . . . . . 298 l/min;
  - presiunea de închidere a supapei, 90 % din Ps;
  - distanța maximă de coborîre a unui stîlp hidraulic la un timp de funcționare a supapei de avarie de 0,04 s . . 10 mm.
- În condiții de lucru dinamice:
  - suprapresiunea maximă la care se deschide supapa . . . . . 70 bar;
  - presiunea maximă admisibilă ce poate apărea în stîlpul hidraulic . . 700 bar;
  - energia de șoc admisibilă, corespunzătoare presiunii maxim admisibile la limita de elasticitate a materialului din care este confecționat cilindrul stîlpului hidraulic . . . . . $2{,}5 \cdot 10^4$ J;
  - debitul refulat la presiunea maximă admisibilă . . . . . 384,6 l/min;
  - închiderea maximă a unui stîlp hidraulic, în condițiile unui șoc de energie maximă admisibilă cu durata de circa 0,024 s . . 20 mm;
  - deformarea perimetrului cilindrului (la presiunea maximă și energia de lovire admisibilă), în condiții elastice 0,069 mm.

### Bibliografie


[1] * * * *Cercetări privind adaptabilitatea dinamică a susținerilor miniere mecanizate utilizate în minele de lignit.* Studii elaborate de I.C.I.T.P.M.L. Craiova, Colectiv geomecanică București, 1985—1987.

[2] Korovkin, I. O. *Cu privire la clasificarea acoperișurilor în abatajele cu complexe mecanizate.* Ugoli, nr. 1, 1980, p. 18—20.

[3] Katkov, G. A. *Determinarea parametrilor raționali și dirijarea presiunii în abatajele cu acoperiș greu surpabil.* Ugoli, nr. 1, 1980, p. 22—24.

[4] Sobol, V. M. *Supape de siguranță și de descărcare la susținerile mecanizate.* Ugoli, nr. 2, 1980, p. 46—50.

[5] Frolov, B. A. *Metode de mărire a adaptabilității susținerilor mecanizate.* Ugoli, nr. 7, 1982, p. 48 — 52.

[6] * * * *Cercetări privind susținerile mecanizate realizate la Întreprinderea Ostroj din R.S.C.* Ugoli, nr. 12, 1983.

[7] * * * Susținerile miniere la Expoziția „UGOLI", 1983.

[8] Mataca, E. *Complexe mecanizate de abataj.* Ed. Tehnică, București, 1977.

[9] Mataca, E. *Exploatarea sistemelor hidraulice în condiții miniere.* Revista minelor, nr. 9, 1973, p. 432—438.

[10] * * * Standarde românești și din U.R.S.S.

[11] * * * Cărțile tehnice ale susținerilor mecanizate fabricate la I.U.M. Filipeștii de Pădure.

[12] Oprean, A. și al. *Acționări hidraulice.* Ed. Tehnică, București, 1981.

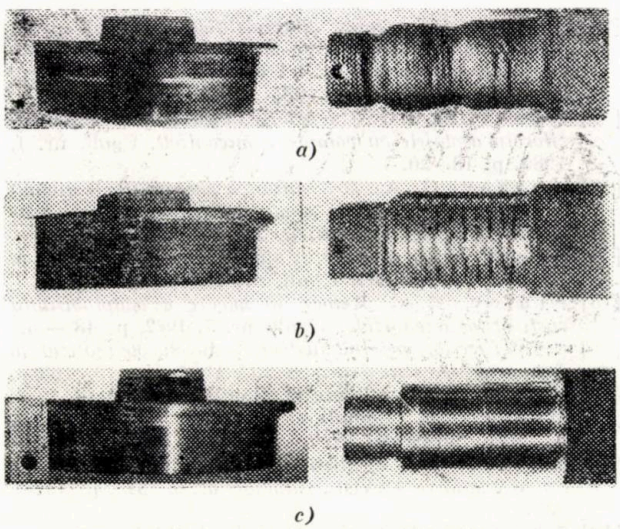
[13] * * * Lucrările simpozionului de la Katowice, 23—24 X 1973, referitoare la protecția contra loviturilor de acoperiș.

# Linie tehnologică flexibilă pentru recondiţionarea pieselor de schimb ale utilajului minier

Dr. ing. V. Ţiplea
Centrala Minereurilor Baia Mare

În vederea realizării sarcinii de recuperare, recondiţionare şi refolosire a pieselor de schimb uzate ale utilajului minier, în cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare s-a realizat o linie tehnologică specializată, cu un caracter ridicat de flexibilitate. Caracterul de flexibilitate a liniei tehnologice constă în faptul că, folosind trei utilaje cu funcţionare automată şi o serie de dispozitive şi accesorii, se pot aplica avantajele tehnologiei de grup în cazul recondiţionării prin sudură a pieselor uzate la o gamă foarte variată de dimensiuni.

Realizarea liniei tehnologice s-a făcut din necesitatea ca volumul mare de roţi şi axe de vagonete uzate să fie reintroduse în circuitul productiv nu ca fier vechi, ci printr-un nou ciclu de utilizare. În urma cercetărilor întreprinse s-au realizat şi montat utilajele de sudură automată şi s-a pus la punct procedeul tehnologic de recondiţionare aşa cum rezultă din figura 1.



*a)*

*b)*

*c)*

Fig. 1. Etapele recondiţionării roţilor şi axelor de vagonet : *a* — roata şi axul de vagonet uzat ; *b* — roata şi axul de vagonet încărcat cu sudură ; *c* — roata şi axul de vagonet după operaţia de prelucrare prin aşchiere la cotele piesei noi.

Realizarea unei linii tehnologice flexibile pentru recondiţionarea prin sudură a impus realizarea unui sistem informaţional asupra cantităţilor şi caracteristicilor pieselor de schimb uzate de la unităţile miniere şi uzinele de preparare a minereurilor din cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare. Utilajele din componenţa liniei tehnologice prezentate au asigurată funcţionarea automată şi o flexibilitate ce permite recondiţionarea unicatelor, seriilor mici şi mari. De asemenea, pot fi recondiţionate piese de tipul : arbori, roţi de cale ferată, batiuri şi fălci de concasoare, capace pentru mori de măcinat minereuri, bucşe de diverse diametre etc. (tab. 1).

Avantajele, în cadrul sistemului de recondiţionare creat, constau în faptul că se realizează

*Tabelul 1*

| Denumirea piesei care se recondiţionează | Dimensiuni de gabarit maxime, mm | Greutatea maximă, kg |
|---|---|---|
| Batiu pentru concasor | 2 000 × 1 500 × 500 | 6 000 |
| Falcă mobilă concasor | 3 000 × 1 000 × 500 | 2 000 |
| Capac alimentare moară autogenă | Ø 3 000 × 1 800 | 4 500 |
| Tren de roţi pentru locomotive de mină | Ø 500...Ø 1 000 | 400 |
| Carcase de pompe din oţel pentru ape de mină şi flotaţii | Ø 1 500 | 200 |
| Roţi de vagonet pentru mină | Ø 450 | 70 |
| Axe de vagonet, diferiţi arbori | Ø 30...Ø 200 × 2500 | 50 |
| Capace pentru mori de măcinat minereuri, de 500 tone/24 ore etc. | Ø exterior 2 500 | 2 000 |
| Carcase pentru reductoare de turaţii din oţel | 1 500 × 1 000 | 500 |

economie de metal, creşte anduranţa în utilizarea pieselor recondiţionate, se obţine o economie de manoperă faţă de metodele clasice şi o reducere substanţială a consumului de energie, comparat cu obţinerea pieselor noi, rezultate prezentate în tabelul 2.

În vederea realizării unei linii tehnologice flexibile pentru o mare varietate de forme şi dimensiuni ale pieselor de schimb din componenţa utilajului minier şi de preparare este necesar să se definitiveze numărul de piese şi subansamble ce se supun recondiţionării, precum şi necesarul de scule, dispozitive, verificatoare şi accesorii.

În lucrare nu se tratează partea de tratamente termice şi prelucrări prin aşchiere, întrucît acestea se realizează prin tehnologiile clasice. Avînd în vedere faptul că, în general, recondiţionările în micile ateliere se fac sporadic şi fără tehnologii puse la punct, utilajele componente ale liniei tehnologice flexibile realizează o mare productivitate şi o calitate superioară

*Tabelul 2*

| Denumirea piesei care se recondiționează | Valoarea piesei noi, lei/buc. | Valoarea de recondiționare, lei/buc. | Economia în urma recondiționării, lei/buc. | Energie electrică consumată pentru recondiționare, kWh/buc. | Energie electrică necesară pentru piesa nouă, kWh/buc. | Economie energie electrică, kWh/buc. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Batiu pentru concasor nr.11 | 33 300 | 13 320 | 19 980 | 450 | 7 792 | 7 342 |
| Batiu pentru concasor nr. 8 | 18 000 | 7 200 | 10 800 | 288 | 1 350 | 1 062 |
| Falcă mobilă pentru concasor | 16 200 | 6 480 | 9 920 | 540 | 4 644 | 4 102 |
| Tren de roți pentru locomotive de mină | 6 405 | 2 562 | 3 753 | 288 | 648 | 360 |
| Roată de vagonet de 3 m³ | 1 374 | 540 | 834 | 35 | 147 | 112 |
| Roată de vagonet de 1,5 m³ | 563 | 225 | 338 | 31,5 | 68 | 35,5 |
| Roată de vagonet de 1 m³ | 515 | 206 | 309 | 31,5 | 67 | 35,5 |
| Ax pentru vagonet de 3 m³ | 360 | 144 | 216 | 3,5 | 76 | 72,5 |
| Ax pentru vagonet de 1 m³ | 225 | 90 | 135 | 3 | 41 | 38 |

a stratului de metal depus în zona uzată a piesei. Linia tehnologică flexibilă realizată se compune din următoarele utilaje: instalația de recondiționat piese de tipul arborilor, flanșelor și discurilor (fig. 2); instalația de sudură pentru suprafețe cilindrice și conice (fig. 3); instalația universală de sudură automată sub strat de flux (fig. 4).

Primul utilaj (fig. 2) este destinat încărcării cu sudură a pieselor de tipul arborilor cu dimensiuni între limitele:

— lungimea: maximă 2 500 mm; minimă 150 mm;

— diametrul: maxim 200 mm; minim 30 mm;

Aparatura de încărcare prin sudură este montată pe un batiu special construit sau pe un batiu de strung orizontal, ce poate să asigure prinderea piesei între vîrfuri și rotirea acesteia (fig. 2). Batiul este echipat cu un cărucior care are posibilitatea deplasării în lungul axei piesei, asigurînd depunerea cordonului de sudură în mod automat, pe întreaga suprafață uzată a piesei.

Arcul electric se produce într-un mediu de gaz protector.

Al doilea utilaj este o instalație de recondiționat sub strat de flux. Schema instalației și părțile ei componente sînt prezentate în figura 3.

Instalația are o mare productivitate și realizează o calitate foarte bună și aschiabilă a stratului de sudură depus. Arcul electric se produce sub stratul de flux. Se recomandă pentru serii mari și foarte mari, dar poate fi utilizat pentru unicate și serii mici.

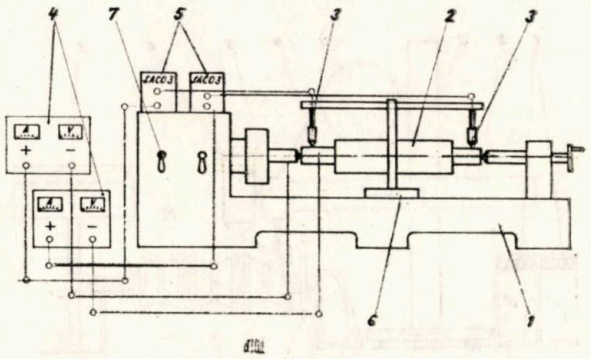


Fig. 2. Instalație de recondiționat piese de tipul arborilor, flanșelor și discurilor:
*1* — batiu; *2* — piesă de sudat; *3* — cap sudură; *4* — sursă de curent; *5* — dispozitiv de avans sîrmă; *6* — cărucior deplasabil; *7* — manetă de comandă.

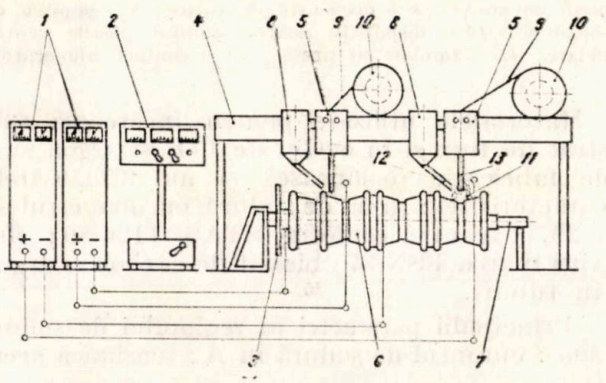


Fig. 3. Instalație automată de sudură pentru suprafețe cilindrice și conice:
*1* — sursă de curent; *2* — pupitru de comandă; *3* — dispozitiv de rotire; *4* — grindă de susținere; *5* — cap de sudare; *6* — piese de sudat; *7* — dispozitiv pentru montat piesele pentru sudare; *8* — buncăr cu flux; *9* — sîrmă de sudură; *10* — tambur pentru sîrmă; *11* — pînză azbest; *12* — tub alimentare cu flux; *13* — contact alunecător.

Dimensiunile pieselor prelucrate pe utilajul din figura 3 sînt:

— diametrul: maxim 500 mm; minim 150 mm;

— conicitatea suprafeței: 45° față de axa piesei;

— lățimea: maximă 1 000 mm.

În funcție de lățimea pieselor rotunde, acestea pot fi prelucrate în pachet; în cazul roților de vagonete se pot monta în dispozitiv, pentru încărcare cu sudură, pînă la 6 bucăți simultan.

Al treilea utilaj are un accentuat caracter de universalitate și oferă posibilitatea de a încărca zonele uzate ale piesei cu straturi de sudură pe

suprafețe cilindrice, conice și plane, după direcții perpendiculare (fig. 4).

Pe această instalație se recondiționează piese de schimb pentru concasoare, mori de măcinat, minereuri, locomotive, reductoare, mașini de încărcat minereuri etc.

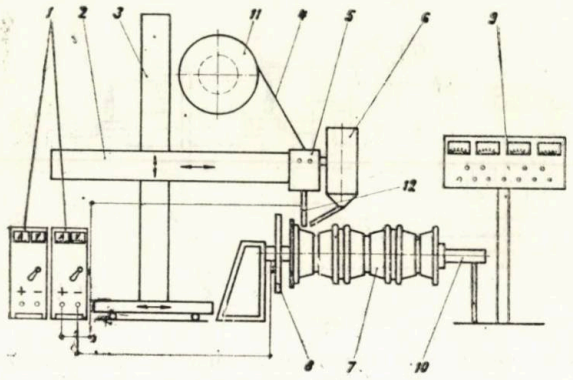


Fig. 4. Instalație universală de sudură automată sub strat de flux :
*1* — sursă de curent ; *2* — consolă ; *3* — coloană ; *4* — sîrmă de sudură ; *5* — cap de sudare ; *6* — buncăr cu flux ; *7* — piesă de sudat ; *8* — dispozitiv de rotire ; *9* — pupitru de comandă ; *10* — dispozitiv pentru montat piesele pentru sudare ; *11* — tambur cu sîrmă ; *12* — contact alunecător.

Materialele utilizate pentru încărcarea sub strat de flux și în mediu de $CO_2$ și argon sînt de fabricație românească și au următoarele caracteristici : sîrmă de sudură cu diametrul de 3,25, execuție conform STAS 1126/80 ; fluxuri marca FSN 37 ; bioxid de carbon și argon în tuburi.

Principalii parametri ai regimului de sudură sînt : curentul de sudură în A ; tensiunea arcului în V ; grosimea stratului de flux, în mm ; viteza sîrmei electrod în, m/min. ; viteza de rotație a piesei ce se încarcă, în rot./min. ; viteza de deplasare orizontală (avansul pentru depunere) ; debitul de bioxid de carbon sau argon. Parametrii tehnologici se stabilesc, pentru piesele ce urmează să fie recondiționate, în baza tehnologiei de recondiționare întocmite.

În concluzie, organizarea unui proces tehnologic de recondiționare a pieselor de schimb într-o linie tehnologică flexibilă, de tipul celei prezentate în lucrare, parcurge următoarele etape.

1. Studiul pieselor ce necesită a fi recondiționate din punctul de vedere al tehnologiei de grup.

2. Proiectarea și realizarea instalațiilor de sudură ; acestea pot fi procurate și de la furnizori specializați chiar dacă se fac anumite adaptări sau pot fi realizate prin autodotare.

3. Proiectarea și realizarea sculelor, dispozitivelor, verificatoarelor și accesoriilor pentru grupele de piese analizate.

4. Stabilirea materialelor : sîrme de sudură, fluxuri, medii gazoase, ca bioxid de carbon, argon etc.

5. Definitivarea tuturor parametrilor tehnologici prezentați mai sus pentru grupele de piese stabilite.

Prin respectarea acestor criterii se obține calitatea prescrisă în condiții de eficiență maximă.

Rezultatele înregistrate în cazul liniei tehnologice din cadrul Centralei minereurilor Baia Mare au confirmat avantajele ce le prezintă o linie tehnologică flexibilă pentru recondiționare prin sudură.

---

# Necesitatea și importanța elaborării de standarde de stat pentru proiectarea și execuția turnurilor de extracție minieră

Ing. **I. Chiseliță**
I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca

## I. Generalități

În conjunctura actuală a dezvoltării economice din țara noastră, cînd sectorului extractiv al cărbunelui îi revin sarcini deosebite privind creșterea producției, sînt necesare numeroase construcții de turnuri, atît pentru săparea puțurilor de mină, cît și pentru extracție. Acestea vor trebui proiectate și executate după principii moderne, științifice, care să conducă la structuri ușor de montat și demontat, cu consumuri minime de materiale și cu capacitate de rezistență asigurată. Aceste principii și metode de calcul și de alcătuire trebuie neapărat impuse și regăsite prin standarde de stat.

Necesitatea proiectării și execuției a numeroase turnuri de extracție minieră, atît metalice cît și din beton, pentru situațiile cu mașina de extracție amplasată la sol sau în turn, explică atenția mult sporită care se acordă creării unei baze certe pentru realizarea condițiilor calitative care sînt impuse de nivelul actual al dezvoltării tehnologice de profil.

Implementarea progresului tehnic și în cadrul proiectării și execuției construcțiilor pentru turnuri de extracție, ca și pentru celelalte domenii, depinde direct de posibilitatea dialogului între factorii interesați de posibilitatea comunicării și a difuzării orientărilor noi tehnice, de promovarea de soluții tehnice moderne de alcătuire și calcul, de existența unor normative de proiectare și execuție elaborate pe baza cercetărilor și a observațiilor făcute pe parcursul exploatării turnurilor de extracție care, încadrate, ca formă, în standarde bine fundamentate, capătă atribute de impunere și respectare.

## II. Necesitatea standardizării

Proiectarea actuală de construcții pentru turnurile de săpare a puțurilor miniere și a turnurilor de extracție se bazează pe standardele generale pentru construcții civile și industriale, precum și pe normativele și instrucțiunile elaborate de institute de cercetări și proiectări miniere.

În standardele actuale pentru construcții nu se regăsesc însă elementele necesare pentru evaluarea acțiunilor care solicită construcțiile turnurilor, evaluare care este una din principalele etape ale proiectării și care dă tonul calitativ și cantitativ al construcțiilor respective, iar instrucțiunile și normativele institutelor se ocupă, în special, de turnurile de extracție cu mașina la sol.

Turnurile de săpare și extracție, fiind construcții solicitate intensiv dinamic pe toată durata de folosire, nu au coeficienți de asigurare a încărcărilor prescrișI special prin standarde și nici rezistența de calcul a materialelor prevăzute pentru condițiile deosebite în care lucrează. Deși sînt asemănătoare, din punctul de vedere al preluării solicitărilor și al regimului de lucru, construcțiilor de poduri de cale ferată sau șosea, fundațiilor de mașini, pentru proiectarea și execuția turnurilor de extracție minieră nu sînt elaborate în prezent sandarde de stat speciale, așa cum sînt cele pentru poduri sau fundații de mașini.

Ca urmare, apare necesitatea ca baza de concepție (forme și dimensiuni, componente și prevederi constructive), prescripțiile de calcul și condițiile tehnice de calitate în execuția turnurilor pentru puțurile de mină să formeze obiectul unor standarde de stat, care să înglobeze prescripțiile existente în standardele generale de construcții, ce se pot aplica la proiectarea și construcția turnurilor, precum și normativele existente, adaptate pe baza progreselor înregistrate în proiectare și execuție.

Precizarea prin standarde a naturii și valorii coeficienților acțiunilor și a rezistențelor de calcul se impune datorită necesității asigurării turnurilor din punctul de vedere al rigidității, rezistenței și durabilității structurii.

Standardizarea prescripțiilor de calcul și a verificărilor necesare derivă din obligativitatea impunerii de reguli și metode care să jaloneze concret modul de elaborare a documentațiilor de execuție, să ducă la perfecționarea activității de concepție, clarificînd toate problemele de principiu, precum și din necesitatea generalizării folosirii unitare a soluțiilor optime verificate de-a lungul anilor de proiectare, execuție și exploatare.

Colectivul de specialiști din cadrul I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca a elaborat, conform prevederilor planului de standardizare pe anul 1988, trei proiecte standard de stat, încercînd să cuprindă toate aspectele de proiectare și realizare a construcțiilor pentru turnuri de săpare și extracție și anume :

— clasificarea turnurilor ;

— componentele turnurilor ;

— forme și dimensiuni principale ;

— prescripții de calcul, cuprinzînd și clasificarea, gruparea și determinarea acțiunilor ;

— prevederi constructive ;

— condiții tehnice de calitate în faza de execuție.

## III. Metodologia de determinare a acțiunilor

În verificarea siguranței construcțiilor, pentru turnurile de extracție minieră se consideră următoarele acțiuni :

- acțiuni permanente — simbol $P$;
- acțiuni temporare de lungă durată — simbol $C$;
- acțiuni temporare de scurtă durată — simbol $V$;
- acțiuni excepționale — simbol $E$.

**1.** *Acțiunile permanente* sînt acele acțiuni care se aplică în mod continuu pe toată durata exploatării construcției turnului cu o intensitate practic invariabilă în raport cu timpul. Acțiunile permanente și valorile coeficienților acțiunilor $n_a$ se propun conform tabelului 1.

Valorile minime pentru coeficienții $n_a$ se introduc în calcul atunci cînd acțiunile cărora li se aplică produc efecte ce diminuează efectul total în proiectarea unei secțiuni sau a unui element din structură.

**2.** Acțiunile temporare sînt acțiunile a căror valoare (intensitate) variază în raport cu timpul sau pot lipsi în anumite intervale de timp. *Acțiunile temporare de lungă durată* sînt acelea care au intensități constante pe durate îndelungate de timp, dar mai mici în raport cu durata totală de exploatare a construcției turnului. Acțiunile temporare de lungă durată și valorile coeficienților $n_a$ se propun conform tabelului 2.

*Tabelul 1*

| Specificație | Coeficienții acțiunilor, $n_a$ | |
|---|---|---|
| | maximum | minumum |
| 1. Greutatea proprie a turnului, a moazelor cu rol de rigle, greutatea planșeului de molete (a planșeului mașinii și a planșeelor intermediare în cazul turnului de extracție cu mașina în turn), a contrafișei, a scării de acces a cadrului de rezistență pentru susținerea monoraiurilor necesare ridicării moletelor. | 1,10 | 0,90 |
| 2. Greutatea proprie a elementelor de închidere perimetrală, de izolare, protecție și finisaj. | 1,30 | 0,90 |
| 3. Greutatea proprie a cutiei de susținere a mașinii de extracție (în cazul amplasării acesteia în turn), a fundației turnului, a fundațiilor pentru contrafișă. | 1,10 | 0,90 |
| 4. Greutatea depunerilor de praf industrial conform STAS 101/2A1—78 tabelul 1 sau a unor prescripții speciale. | 1,40 | 1,00 |
| 5. Greutatea și împingerea pămîntului conform STAS 8316—77. | 1,20 | 0,80 |
| 6. Acțiunea precomprimării conform STAS 10.107/0—76. | 1,10 | 0,90 |

*Tabelul 2*

| Acțiuni temporare de lungă durată | | Coeficienții acțiunilor, $n_a$ |
|---|---|---|
| 1. Greutatea moletelor de extracție și a lagărelor (a mașinii de extracție din turn și a moletelor de deviere), a instalațiilor și aparatelor din cadrul instalației de extracție. | | 1,15 |
| 2. Greutatea proprie a celorlalte amenajări din turn (moaze, ghidaje, tampoane, tacheți etc.). | | 1,20 |
| 3. Greutatea proprie a palanelor, podului rulant | încărcări verticale | 1,20 |
| | încărcări orizontale | 1,30 |
| 4. Greutatea proprie a cablurilor de extracție și echilibrare, a vaselor de extracție, a dispozitivelor de legat cabluri, a altor echipamente accesorii pentru transport pe puț. | | 1,15 |
| 5. Greutatea proprie a materialului din silozul de depozitare cînd acesta face parte din structura turnului. | | 1,20 |
| 6. Încărcările datorate eforturilor în regim normal în cablurile de extracție | | 1,20 |
| 7. Încărcările datorate tensiunilor maxime provenind din întinderea cablurilor de ghidare la turnurile de săpare la care chiblele sînt ghidate pe cablu. | | 1,30 |
| 8. Tasările și deplasările neuniforme ale fundațiilor cînd acestea nu sînt datorate unor schimbări radicale ale structurii terenului de fundare sau influenței lucrărilor miniere. | | 1,20 |

**a.** Valoarea maximă a încărcării din tabelul 2, pct. 6, se stabilește cu relația :

$$Q_{max} = 1{,}10\ (G_{DLC} + G_v + G_u + G_c), \quad (1)$$

unde :

$Q_{max}$ este sarcina statică maximă, tensiunea maximă admisibilă în cablu în regim normal ;

$G_{DLC}$ — greutatea proprie a dispozitivului de legat cablu ;

$G_v$ — greutatea vasului de extracție ;

$G_u$ — încărcarea utilă maximă a vasului ;

$G_c$ — suma greutății cablurilor de extracție și de echilibrare.

Sporul de 10%, luat în considerare în cadrul relației (1) prin coeficientul 1,10, se acordă pentru acoperirea rezistențelor care apar la pornirea și frînarea instalației.

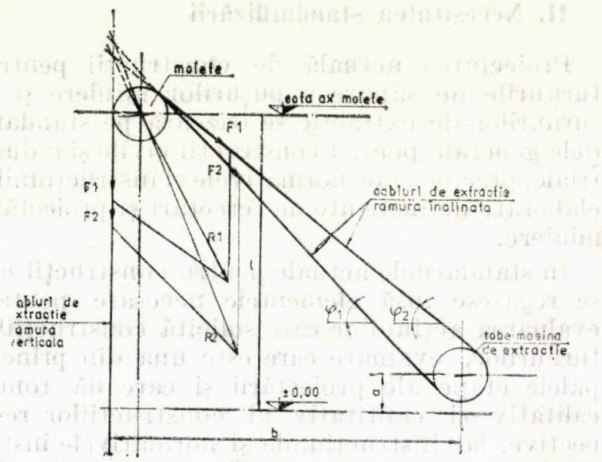



Fig. 1

**b.** La turnurile cu mașina la sol, conform figurii 1, cele două eforturi $F_i$ din ramura verticală și cea înclinată a cablului dau o rezultantă $R_i$ care trece prin axul moletei și a cărei mărime și direcție rezultă din compunerea acestor două forțe. La mașinile de extracție cu două tobe, cele două rezultante, $R_1$ și $R_2$, vor fi diferite atît ca direcție, cît și ca mărime, din cauza unghiurilor diferite de înclinare, $\varphi_1$, $\varphi_2$, ale corzilor față de orizontală și din cauza încărcării diferite a vasului care coboară față de cel care urcă. Rezultantele se transmit grinzilor longitudinale din planșeul de molete, prin intermediul lagărelor. Se recomandă ca direcția contrafișei să se aleagă astfel încît rezultantele să cadă între turn și contrafișă. Semnificațiile notațiilor din figura 1 sînt conform STAS 10175 — 88 (fig. 3).

**c.** În cazul cînd nu există prevederi speciale în proiect pentru tensiunea de întindere a cablurilor de ghidare se consideră valoarea de 10 000 N pentru fiecare 100 m de cablu.

**3.** *Acțiunile temporare de scurtă durată* sînt acele acțiuni cu intensități variabile sau constante la care intensitățile maxime se aplică pe durate reduse.

Acțiunile temporare de scurtă durată și coeficienții $n_a$ se propun conform tabelului 3.

*Tabelul 3*

| Acțiuni temporare de scurtă durată | Coeficienții acțiunilor, $n_a$ |
|---|---|
| 1. Încărcări în timpul transportului și montajului elementelor de construcție în faza de execuție a turnului. Încărcări de montaj la schimbarea utilajelor. | 1,30 |
| 2. Încărcări provenind de la podul rulant, de la mijloace de ridicare și transport cu cale fixă și fără cale fixă. | 1,20 |
| 3. Sarcini transmise moazelor (sau riglelor turnului cu rol de moaze) de ghidaje, în regim normal. | 1,20 |
| 4. Sarcina utilă (minereu, materiale, vagonete și personal) transportată cu vasele de extracție (cînd nu este cuprinsă în valoarea efortului din cablul de extracție) | 1,50 |
| 5. Încărcări distribuite pe planșeele de molete sau planșeul mașinii. | 1,20 |
| 6. Încărcări pe planșeele intermediare. | 1,30 |
| 7. Încărcări distribuite pe scări și podeste intermediare. | 1,30 |
| 8. Încărcări datorate vîntului conform STAS 10101/20-78. | Conform STAS 10101/ OA-77 |
| 9. Încărcări datorate zăpezii conform STAS 10101/21-78. | Conform STAS 10101/ OA-77 |
| 10. Sarcini transmise planșeului de la motoarele electrice ale mașinii de extracție în cazul montării acesteia în turn, cauzate la pornire de cîmpul magnetic învîrtitor. | 1,20 |
| 11. Încărcarea cu material din buncărul de trecere, cînd acesta face parte din construcția turnului. | 1,20 |
| 12. Forțele de frînare a mașinilor multicablu montate în turn. | 1,50 |
| 13. Încărcare transmisă planșeului de molete, datorată eforturilor în cablu din forțele de frînare aplicate mașinilor de extracție amplasate la sol. | 1,40 |
| 14. Forțele datorate învingerii rezistențelor rigidității cablurilor la înfășurarea pe tamburul (șaiba motoare) mașinii de extracție multicablu montată în turn | 1,20 |
| 15. Variații de temperatură exterioară conform STAS 10101/23 A 78 | 1,20 |

**a.** Forța orizontală transmisă de vasul de transport ghidajului se calculează cu relația :

$$P_{og} = \frac{Q_{max}}{12}, \qquad (2)$$

în care :

$P_{og}$ este forța orizontală statică de calcul a ghidajului din acțiunea vasului de extracție în mișcare în condiții normale de serviciu ;

$Q_{max}$ — sarcina statică maximă din cablu.

**b.** Ghidajul se consideră în calcul ca o grindă continuă pe minimum două deschideri, prinsă articulat la reazeme de moaze (sau de riglele turnului cu rol de moaze).

**c.** Moazele se calculează la sarcinile orizontale și verticale provenind din ghidaje. În calculul static, cînd moazele fac parte din structura turnului, se vor considera încastrate la capete, suprapunîndu-se și eforturile provenite din structură, iar cînd se montează ulterior, la amenajare, se consideră articulate și solicitate numai de sarcinile tehnologice. Sarcina orizontală, în cazul cînd pe puț circulă vase de extracție fără paracăzătoare sau multicablu, se determină cu relația (3), iar pentru cazul cînd vasele sînt echipate cu paracăzătoare — cu relația (4) :

$$P_{om} = f \frac{Q_{max}}{12}; \qquad (3)$$

$$P_{om} = f \frac{Q_{max}}{2}, \qquad (4)$$

în care :

$P_{om}$ este forța orizontală transmisă moazei de ghidajul vasului de extracție, în condiții normale de serviciu ;

$f$ — coeficientul de multiplicare, în cazul cînd moazele sînt dispuse la distanțe mai mari de 1,5 m, determinat cu relația :

$$f = 1 + 0{,}5 \frac{e - 1{,}5}{1{,}5}, \qquad (5)$$

în care :

$e$ este distanța pe verticală între moaze,

$$1{,}5 \text{ m} \leqslant e < 3{,}0 \text{ m}. \qquad (6)$$

**d.** Valoarea sarcinii din tabelul 4, pct. 4, se stabilește conform prevederilor din STAS 10101/1-78 și STAS 10101/2A1-78, conform prevederilor proiectului și prescripțiilor speciale în vigoare.

**e.** Valorile normate ale intensității încărcărilor utile se iau astfel :

— la planșeul de molete și la planșeele tehnologice, în afara suprafețelor efectiv ocupate de utilaje . . . . . 5 000 N/m² ;

— la planșeele netehnologice . . . 4 000 N/m² ;

— la rampele și podestele scării de acces podeste intermediare de intervenții sau de protecție . . . . . 2 000 N/m².

**f.** Valoarea momentului de pornire (sau a cîmpului magnetic învîrtitor la pornire) a motoarelor electrice se ia conform precizărilor date de producător.

**g.** La calculul încărcărilor din vînt se consideră turnul închis perimetral.

**4.** *Acțiunile excepționale* sînt acele acțiuni care intervin foarte rar sau chiar niciodată pe durata de exploatare a construcției.

Acțiunile excepționale și coeficienții $n_a$ se propun conform tabelului 4.

**a.** Sarcina (forța) de rupere a cablului este sarcina standardizată sau indicată de producător în certificatul de calitate care, pentru cablul ales, satisface relația :

$$Q_r \geq Q_{max} \cdot n, \qquad (7)$$

*Tabelul 4*

| Acțiuni excepționale | Coeficienții acțiunilor, $n_a$ |
|---|---|
| 1. Încărcare la nivelul planșeului de molete (sau a planșeului mașinii de extracție) datorită ruperii unui cablu de extracție la blocarea unui vas de transport în puț. | 1,00 |
| 2. Încărcare (din lovitură jos în sus) produsă de vasul de extracție în grinzile de rezistență de sub fermele evit-moletă (sau de sub camera tampon la turnurile cu mașina în turn). | 1,0 |
| 3. Încărcarea din căderea vasului de transport pe tacheți, în cazul ruperii cablului după lovirea de grinzile de rezistență. | 1,00 |
| 4. Acțiunea seismică. | 1,00 |
| 5. Efectul deplasărilor de reazeme produse de acțiunea deformării terenului, datorată influenței lucrării miniere sau a unor schimbări radicale a structurii terenului sub cota de fundare. | 1,00 |
| 6. Acțiuni la nivelul postamentului motoarelor, la mașinile multicablu montate în turn, datorate momentului (cuplului) la mersul în scurtcircuit. | 1,00 |

unde :

$Q_r$ este sarcina de rupere a cablului ;

$Q_{max}$ — sarcina statică maximă din cablu în condiții de funcționare normală ;

$n$ — coeficientul de siguranță pentru care se iau, conform normelor în vigoare, următoarele valori minime :

— la transportul pe puțuri echipate cu mașini de extracție cu tobe sau bobine :

- 8, pentru personal ;
- 6, pentru material pe tot timpul utilizării cablului ;

— la transportul pe puțuri echipate cu mașină de extracție cu roată de fricțiune cu un singur cablu :

- 10, pentru personal ;
- 8, pentru materiale, a punerea în funcțiune a cablului ;

— la transportul pe puțuri echipate cu mașină de extracție multicablu :

- 8, pentru personal ;
- 7, pentru material, la punerea în funcțiune a cablului ;

— pentru puțurile în săpare, $n = 10$ pe tot timpul utilizării cablului.

**b.** Verificarea valorii de calcul pentru sarcina de rupere $Q_r$ se face cu relația :

$$Q_r = k \cdot Q_t, \qquad (8)$$

în care :

$k$ este coeficientul de cablare standardizat pentru cablul respectiv ;

$Q_t$ — sarcina teoretică de rupere a cablului :

$$Q_t = \sigma_{min} \cdot A, \qquad (9)$$

în care :

$\sigma_{min}$ este rezistența minimă de rupere a tuturor sîrmelor din cablu ;

$A$ — suma totală a secțiunii transversale a sîrmelor din cablu.

**c.** În cazul instalației de extracție cu două vase de transport și al solicitării excepționale din tabelul 5, pct. 1, în cablul care urcă se

*Tabelul 5*

| Grupări de acțiuni | Acțiuni ce se pot introduce în gruparea de încărcări | | | Formule de calcul al încărcărilor grupate |
|---|---|---|---|---|
| | definire | valori normate | valori de calcul | |
| 1. Gruparea I (fundamentală) | acțiuni permanente (tab. 1) ; | $\Sigma P_i$ | $\Sigma n_a P_i$ | $\Sigma n_a P_i + \Sigma n_a C_i + n_g \Sigma n_a V_i$ |
| | acțiuni temporare de lungă durată (tab. 2) | $\Sigma C_i$ | $\Sigma n_a C_i$ | |
| | una sau mai multe acțiuni temporare de scurtă durată (tab. 3) | $\Sigma V_i$ | $\Sigma n_a V_i$ | |
| 2. Gruparea a II a (specială) | acțiunile grupate din gruparea fundamentală cu valori normate | $\Sigma P_i + \Sigma C_i + n_g \Sigma V_i$ | | $\Sigma P_i + \Sigma C_i + n_g \Sigma V_i + E_1$. |
| | una din acțiunile excepționale (tab. 5) | $E_1$ | $E_1$ | |

consideră un efort egal cu sarcina de rupere, iar în cablul care coboară — o treime din acest efort.

**d.** La turnurile cu două instalații de extracție, se consideră ca acțiune excepțională ruperea cablurilor pe rînd, la cîte un singur vas de extracție, în calculul turnului ținîndu-se cont și de fenomenul de torsiune din această solicitare maximă aplicată excentric pe secțiunea turnului.

**e.** La turnurile cu mașina de extracție multicablu montată în turn, valoarea forței excepționale care solicită planșeul (fundația) mașinii se calculează cu relația :

$$P_{ex} = 1{,}75\ \Sigma Q_r\ \%\ G_{cp}, \qquad (10)$$

în care :

$P_{ex}$ este forța care solicită turnul la blocarea unui vas de extracție în puț sau în turn și care se repartizează pe cele două lagăre ale mașinii de extracție ;

$\Sigma Q_r$ — suma forțelor de rupere a tuturor cablurilor ;

$G_{cp}$ — greutatea corpului principal al mașinii de extracție.

În același timp cu această acțiune excepțională se vor lua în calcul și forțele provenind din solicitările care apar în reductor sau în cuplajul dințat.

**f.** Încărcarea de calcul din lovitura (de jos în sus) produsă de vasul de extracție pe grinzile de rezistență de sub planșeul de molete sau de sub planșeul mașinii se ia egală cu valoarea sarcinii de rupere a cablului (sau cu $P_{ex}$ la mașinile multicablu montate în turn).

**g.** Valoarea sarcinii de calcul pentru tacheți se obține prin multiplicarea sarcinii statice cu coeficientul dinamic, cu valoarea minimă egală cu 5.

**h.** Valoarea de calcul aferentă acțiunii momentului la mersul în scurtcircuit al motoarelor mașinii de extracție, în cazul montării acesteia în turn, se ia conform prescripțiilor date de producător sau pe baza determinărilor experimentale. În cazul cînd nu se dețin date, se va lua ca valoare a cuplului, la mersul în scurtcircuit, valoarea momentului de pornire multiplicat cu coeficientul 5.

## IV. Gruparea acțiunilor

Calculul turnurilor de extracție minieră se efectuează considerîndu-se combinațiile cele mai defavorabile, practic posibile, ale diferitelor acțiuni. Grupările de acțiuni se stabilesc conform tabelului 5, respectînd și prevederile STAS 10101/OA-77. La alcătuirea grupărilor de acțiuni în exploatare se ține seama de compatibilitatea acțiunilor simultane.

**1.** Coeficientul de grupare $n_g$ are următoarele valori :

**a)** 1,0, în cazul combinării simultane a încărcărilor tehnologice $V_3$, $V_4$ și $V_5$ ;

**b)** 0,9, pentru valorile $V_6$, $V_7$ și $V_{10}$ cînd acestea se combină simultan cu cele prezentate la punctul **a)** și 1,0 cînd se combină și acționează separat ;

**c)** 0,8 în cazul cînd se combină simultan cu încărcările de la punctele **a)** și **b)** de mai sus, alte încărcări $V_n$ precizate în tabelul 4, compatibile pentru condiția de simultaneitate.

**2.** La verificarea diafragmelor și a fundațiilor se consideră și cazul forțelor axiale minime corespunzînd absenței sarcinii utile uniform distribuite, conform prevederilor STAS 10101/OA-77.

**3.** În calculul elementelor portante verticale și al fundațiilor turnurilor echipate cu mașini multicablu montate în turn, încărcările uniform distribuite de pe nivelele netehnologice se reduc prin multiplicare cu coeficientul $n = 0{,}5 + \frac{0{,}6}{\sqrt{m}}$, în care pentru $m = 1$ se consideră valoarea $n = 1$, $m$ fiind numărul de planșee considerate deasupra secțiunii calculate (în acest număr nu se consideră planșeul acoperiș).

# Selecția, antrenarea și intervenția salvatorilor minieri pentru lucrul în condiții de temperatură și umiditate ridicate

Ing. **M. Găman**, C.C.I.T.P.S.M. Petroșani
dr. **Maria Pafnote** I.I.S.P. București
ing. **P. Bitir**, C.C.I.T.P.S.M. Petroșani
ing. **R. Roman**, C.M. Baia Mare

Progresul tehnic și științific, precum și evoluția concepțiilor sociale și economice au determinat apariția și lărgirea progresivă a noțiunii de securitate a muncii.

Noțiunea de muncă periculoasă, corespunzînd factorului tehnic, trebuie să se completeze cu cea de muncitor, om „predispus" riscului profesional. Din aceste elemente ale ergonomiei s-a conturat noțiunea de factor uman. Ca urmare, apare necesitatea cunoașterii, cît mai riguroase, a organismului uman, în raport cu procesul de muncă, precum și aceea a selecționării — conform aptitudinilor — a fiecărui om care va efectua o muncă în condiții variabile de mediu.

În activitatea de salvare minieră, există situații cînd munca devine stresantă. Persoanele care lucrează în activitatea de salvare minieră (salvatorii), pe lîngă faptul că poartă pe spate un aparat greu (14 — 18 kg) sînt supuse unor acțiuni de mare dificultate, fiind vorba de asigurarea propriei vieți, de salvarea unor oameni, de executarea rapidă a unor lucrări urgente,

dar în același timp de înaltă calificare profesională, în condiții deseori grele de microclimat.

O activitate este definită prin următorii trei factori :

— intensitatea — care se caracterizează prin efortul depus, exprimat prin forța dezvoltată, măsurată în kgm/min sau prin energia consumată, care se măsoară în l $O_2$/min ;

— durata — dacă organismul nu elimină caloriile rezultate în procesul muncii acestea se acumulează și, funcție de durata efortului, temperatura internă a corpului crește ;

— ambianța — eliminarea caloriilor se face în funcție de caracteristicile mediului ambiant, respectiv temperatura, umiditatea și viteza de deplasare a aerului în zona respectivă.

Vorbim despre muncă în condiții de temperatură ridicată, pornind de la momentul în care individul, din cauza condițiilor de ambianță, nu-și mai elimină caloriile. Din această cauză temperatura internă a corpului crește, frecvența cardiacă se accelerează, se intensifică scăderea greutății corporale datorită transpirației, iar în caz de exces, funcțiile regulatoare sînt dereglate, putînd interveni chiar accidentul mortal datorat căldurii.

Omul, ca ființă homeotermă, în condiții normale de microclimat, își menține temperatura internă la o constantă de 37 °C, care este necesară desfășurării normale a proceselor biochimice. În cadrul unor limite considerate normale, există unele variații termice ale organismului în legătură cu activitatea, modul de viață, stările fiziologice etc., atît la nivelul diferitelor organe, cît și pe diferite puncte de pe suprafața corpului.

Egalizarea temperaturii corpului se realizează prin intermediul circulației sanguine, cît și datorită conductibilității calorice a țesuturilor. Această stabilitate termică relativă se realizează prin procesul de termoreglare, care este dirijat de sistemul nervos la diferite niveluri ale sale, iar integrarea acestor activități are loc în hipotalamus.

Căldura acumulată de organism reprezintă suma căldurii produse prin metabolism și a căldurii primite din mediul înconjurător. Căldura produsă de organism are două fracții : prima este legată de metabolismul de repaus și este de aproximativ 1 kcal/m²/min pentru o persoană aflată în poziție ortostatică, care nu depune efort fizic, și de 1,5 kcal/m²/min pentru o persoană aflată în aceleași condiții, dar care poartă un echipament mai greu ; a doua fracție este variabilă în raport cu efortul muscular depus și care are valoarea de 3 kcal/m²/min, în cazul unei munci moderate, putînd ajunge la 5 kcal/m²/min., la un efort mare de scurtă durată.

Pentru a menține echilibrul termic în condițiile unui microclimat excesiv de cald, organismul intervine atît prin reducerea termoproducției, cît și prin favorizarea pierderilor de căldură în mediul înconjurător. Căldura mediului intern al organismului este cedată doar în mică măsură în mod direct în mediul înconjurător prin aerul expirat, urină sau fecale. Cea mai mare parte este cedată prin intermediul tegumentelor.

În procesul de termodispersie, tegumentele îndeplinesc o dublă funcție, și anume :

— acumularea de căldură din mediul intern ;

— cedarea de căldură în exterior.

Antagonismul dintre acțiunea de încălzire a tegumentelor prin curentul sanguin și răcirea acestora prin evaporarea transpirației devin o problemă deosebită în mediul de muncă, unde microclimatului cald i se asociază și un efort fizic sporit, caz în care se stabilește un alt echilibru termic, diferit de cel existent în condiții de repaus.

În consecință, intervine reducerea capacității de muncă, ca prim semnal al suprasolicitării termice a organismului și în continuare vor apărea tulburări sau stări morbide legate de procesul de termoreglare.

Aprecierea stării de echilibru termic al organismului se face prim determinarea modificării funcțiilor fiziologice cu ajutorul testelor, care se aleg în raport cu funcțiile cele mai des solicitate în procesul de termoreglare.

Dintre acestea sînt de menționat :

**a** — măsurarea temperaturii corpului înainte și după muncă, fiind recomandată determinarea sublinguală ;

**b** — urmărirea modificării temperaturii cutanate cu ajutorul termocuplului, pe mai multe puncte ale corpului (frunte, lobul urechii, nas, stern, index etc) ;

**c** — modificările funcției aparatului cardiovascular ;

**d** — variațiile bilanțului hidric și cantitatea de lichid pierdută pe cale extrarenală, utilizarea indicelui Belding, indicelui Hamar, Scării P.4.S.R ;

**e** — senzația subiectivă de căldură după o gradație stabilită anterior.

Dacă organismul nu reușește să se adapteze la temperatura ridicată și umiditatea exagerată de la locurile de intervenții din subteran, pot să apară tulburări funcționale (modificări în funcțiile tubului digestiv, ale aparatului excretor, în funcțiile sistemului nervos, scăderea capacității de muncă) sau stări patologice ca de ex. : tulburări ale echilibrului hidrosalin, hipertermia, colapsul și șocul caloric, radiațiile calorice, care pot produce arsuri ce conduc la hiperpigmentare și apoi la modificări cutanate precanceroase.

*

Pentru stabilirea unor metode de selecție, antrenare și intervenție a salvatorilor minieri,

în condiții de temperatură și umiditate ridicate, fiind necesară cunoașterea reactivității organismului la condiții grele de microclimat (specifice pentru activitatea de salvare), s-au făcut experimentări pe loturi de salvatori minieri — în mai multe etape — care au cuprins :

**1** — investigații fiziologice pentru evaluarea solicitărilor organismului în cursul antrenamentului, în ambianță termică neutră și la temperatură ridicată ;

**2** — stabilirea toleranței la temperatură și umiditate ridicate ca și a timpului de expunere în condiții de siguranță ; experimentarea unor regimuri de activitate și repaus ; pentru aceste două etape s-au folosit două loturi de salvatori minieri, compuse din 50, respectiv 40 salvatori minieri ;

**3** — evaluarea solicitărilor organismului în cursul unor intervenții în subteran, pe două loturi compuse din șapte, respectiv opt persoane.

În componența loturilor supuse experimentării au intrat mineri, ingineri și subingineri minieri, și electromecanici, maiștri minieri, mecanici, electricieni, lăcătuși etc.

Pentru determinarea capacității fizice, s-a măsurat : consumul maxim de oxigen după metoda indicată cu efort submaximal a lui Åstrand și Rhyning ; frecvența cardiacă și consumul de oxigen în al 5-lea minut de efort ; tensiunea arterială înainte și după efort, pînă la revenirea la normal.

Pentru evaluarea solicitărilor determinate de efortul de antrenare, s-au măsurat : cheltuiala de energie pentru diferite activități și exerciții în cadrul programului de instruire, folosind metoda Douglas-Haldane și frecvența cardiacă în timpul efortului, prin măsurarea telemetrică, aplicînd trei electrozi de suprafață în zona precordială, semnalul E.K.G a fost înregistrat pe bandă magnetică, obținîndu-se în laborator cardiotahograma pe care s-a măsurat frecvența cardiacă (fig. 1).

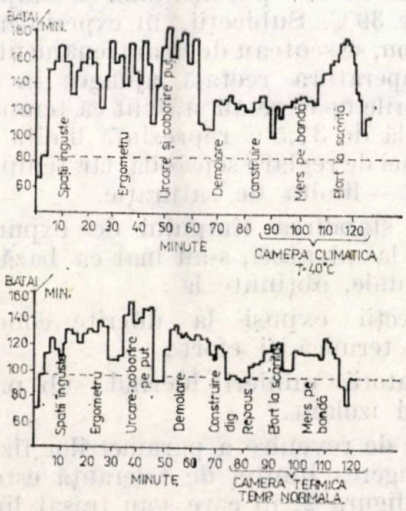



Fig. 1

Înainte și după ședințele de antrenament s-au măsurat următorii parametri :

— frecvența cardiacă și tensiunea arterială în clinostatism, calculînd indicele Crampton pentru evaluarea reacțiilor neurovegetative adaptative ;

— temperatura centrală ;

— greutatea corporală, pentru determinarea debitului sudoral ;

— excreția de catecolamine (adrenalina și noradrenalina), folosind metoda Euler și Lishajke.

Durata unei ședințe de antrenament a fost de 120 min, cu următoarea structură :

— trecere prin spații înguste, 20 min ;
— pauză, 5 min ;
— efort la ergometru, 20 min ;
— pauză, 5 min ;
— deplasare pe puț, 20 min ;
— pauză, 5 min ;
— construire-domolare dig cărămidă, 20 min ;
— pauză, 5 min ;
— efort pe bandă rulantă, 10 min ;
— efort la scăriță, 5 min.

Ultimele două probe s-au efectuat în camera climatică, în care s-a realizat temperatura de 45°C.

Consumul maxim de oxigen se consideră a fi :

- 40 ml/kg/min pentru vîrsta de 31—40 ani ;
- 35 ml/kg/min pentru vîrsta de 41—50 ani.

Din lotul investigat, numai la patru subiecți s-au constatat nivele mai reduse de 3 — 8 ml/kg/min.

În ce privește răspunsul cardiovascular, majoritatea subiecților au avut tensiunea maximă de 150 — 170 mm Hg și numai la patru dintre ei aceasta a crescut la 180 — 190 mm Hg (la efort) ; acești patru subiecți erau supraponderali.

Frecvența cardiacă în al 5-lea minut de efort submaximal a variat între 132 și 166 bătăi/min.

Revenirea parametrilor cardiovasculari s-a realizat complet pentru tensiunea arterială în 5 min, dar frecvența cardiacă s-a menținut mai ridicată față de valorile inițiale cu 8 — 20 pulsații/min.

Sintetizînd datele referitoare la capacitatea fizică a subiecților investigați, rezultă necesitatea corelării parametrilor cardiovasculari (TA și FC) și energetici (consum maxim de oxigen), în vederea unei selecții corespunzătoare a salvatorilor.

## Variația unor parametri fiziologici după orele de antrenament

În tabelul 1 sînt redate valorile medii pe un lot de salvatori minieri, în două condiții :

— toate probele realizate la temperatură normală ;

Parametrii fiziologici înainte și după antrenament — *Tabelul 1*

| Parametrul | Ambianța neutră | | Ambianță neutră + temperatură ridicată | |
|---|---|---|---|---|
| | înainte | după | înainte | după |
| Frecvența cardiacă | | | | |
| — clino | 66,8±5,9 | 76,00±10,4 | 68,5±6,7 | 72,8±13,8 |
| — orto | 78,8±9,2 | 93,5 ±11,1 | 80,7±8,2 | 91,1±16,5 |
| Tensiunea arterială maximă | | | | |
| — clino | 129,5±13,5 | 128,7 ±14,0 | 131,6±17,5 | 122,9±14,1 |
| — orto | 128,7±12,6 | 124,2 ±14,4 | 128,7±18,7 | 119,0±13,8 |
| Indice Crampton | 61,5±17,0 | 47,1 ±17,7 | 61,7 ±22 | 44,9±22,4 |
| Temperatura centrală, °C | 37,0±0,3 | 37,3 ± 0,4 | 36,7±0,4 | 37,3±0,4 |
| Debit sudoral, ml/h | 303±149 | | 621±114 | |

— probele de mers pe bandă și efort la scăriță — în ambianță cu temperatura 43 — 46°C, cu o durată a efortului de 30 min.

Pentru aprecierea globală a capacității individuale de efort, s-a utilizat indicele de oboseală Kempen (KS).

S-au utilizat formulele pentru:

— frecvența cardiacă de efort;
— recuperarea frecvenței cardiace după 3 min. de repaus, exprimată în procente;

$$y = 100\sqrt{\frac{B-A}{B-x}};$$

— creșterea temperaturii corpului, °C
— pierderea de greutate, %

$$y' = \left(125\sqrt{\frac{B-A}{B-x}}\right) - 25,$$

în care:

$A$ este valoarea parametrului în repaus;

$B$ — valoarea limită ce nu poate fi depășită;

$x$ — valoarea parametrului măsurat.

Pentru FC, $B = 208$; $A = 72$.

Pentru recuperarea FC după 3 min., $A = 100$; $B = -1{,}44$.

Pentru creșterea temperaturii interne, $A = 0$; $B = 2{,}82$.

Pentru pierderea greutății, $A = 0$; $B = 3{,}94$.

KS — indicele de oboseală — este egal cu sumă de KS pentru fiecare parametru, divizată prin suma parametrilor utilizați.

KS-ul mai mare de 170 indică un subiect foarte obosit, între 150 și 170 un subiect obosit, între 130 și 150 un subiect puțin obosit, iar sub 130 un subiect bine adaptat.

**Stabilirea toleranței la temperatură și umiditate ridicate și a timpului de expunere în siguranță**

Condițiile de microclimat în care se intervine pentru lichidarea focurilor și incendiilor de mină se încadrează în categoria de condiții intolerabile sau tolerate numai pentru o anumită perioadă de timp. De aceea este necesar să se limiteze durata de expunere în funcție de posibilitățile adaptative ale organismului, astfel ca activitatea să se desfășoare în siguranță, fără pericolul apariției șocului termic sau a altor tulburări cauzate de hipertermie.

Cercetătorii englezi au decis momentul apropierii apariției colapsului, după starea generală a subiectului, modificările pulsului și temperatura corpului.

Cercetătorii americani au folosit drept criterii pentru stabilirea timpului de toleranță, frecvența cardiacă de 180 pulsații/min. și temperatura rectală de 39°C. Subiecții, în experimentul lui Mc Pherson, se scoteau de la antrenament atunci cînd temperatura rectală ajungea la 38,6°C.

Cercetările noastre au stabilit că temperatura sublinguală de 37,5°C reprezintă limita superioară a zonei de reglare sensibilă, iar temperatura de 38,2°C — limita de saturație.

Pentru stabilirea timpului de expunere în siguranță la salvatori, s-au luat ca bază datele experimentale, obținute la:

— subiecții expuși la diferite condiții în ambianță termică și efort;

— salvatorii minieri lucrînd sub protecția aparatului izolant.

Timpul de revenire a parametrilor fiziologici după atingerea limitei de toleranță este redat grafic în figura 2, în care s-au trasat liniile de regresie privind relația între timpul de revenire

și valorile atinse de FC și temperatura orală (°C).

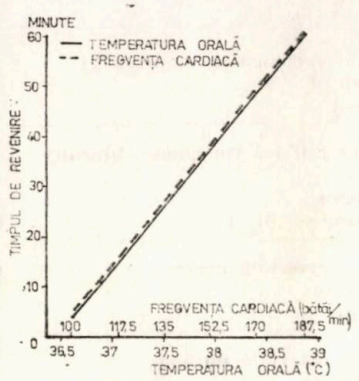



Fig. 2

**Testarea toleranței la temperatură ridicată a salvatorilor sub protecția aparatelor izolante**

Testarea s-a făcut la temperatura efectivă de 35° — 36°C, exercițiile desfășurîndu-se la banda rulantă și scăriță, pînă la atingerea toleranței; valorile medii ale parametrilor fiziologici sînt redate în tabelul 2.

*Tabelul 2*

| Parametrii fiziologici | Ambianța termică | |
|---|---|---|
| | T = 35°C | TE = 36°C |
| Durata toleranței, min. | 53,9±5,6 | 40,0±7,0 |
| Efort mediu, kcal/min. | 5,3±0,9 | 5,1±0,4 |
| Frecvența cardiacă de repaus, bătăi/min): | | |
| — înainte | 77,4±6,0 | 76,4±6,6 |
| — după | 113,6±9,5 | 112,9±9,4 |
| Tensiunea arterială maximă, mm Hg | | |
| — înainte | 13,9±1,2 | 12,2±1,1 |
| — după | 16,4±2,0 | 13,5±1,9 |
| Temperatura orală, °C | | |
| — înainte | 36,9±0,1 | 37,1±0,2 |
| — după | 38,4±0,3 | 38,5±0,5 |
| Volum de transpirație (debit sudoral) | 1,050±0,265 | 1,160±0,426 |
| Temperatura cutanată, °C | 37,8±0,3 | 37,8±0,4 |
| de efort, bătăi/min. | | |
| — înainte | 154,8±14,8 | 163,6±15,3 |
| — după | 128,0±7,0 | 132,1±10,7 |
| Frecvența cardiacă în revenire, bătăi/min. | | |
| — min 1 | 138,0±13,0 | 133,5±12,0 |
| — min 2 | 119,0±12,0 | 118,7±12,3 |
| — min 3 | 113,5±9,5 | 112,5±10,8 |
| Indicele Kempen | 141±15 | 146±18 |

Atingerea valorilor care indică nivelul de saturație al proceselor de termoreglare și anume: temperatura centrală 38,2°C, temperatura cutanată peste 37°C, frecvența cardiacă 150 pulsații min, debit sudoral 4,5 — 5,0 l/8 h, s-a produs după o perioadă de timp care a variat între 40 și 60 min., în ambianță cu TE = 35°C și 27 — 50 min., în ambianță TE = 36°C.

Înscriind valorile medii ale tipului de toleranță obținute la salvatori, pe graficul curbelor obținute din relația temperatură efectivă — timp mediu de toleranță, la subiecți în camera experimentală (fig. 3), se evidențiază poziția acestor valori, apropiată de curba pentru efortul de intensitate medie, cu o deviere de 4, respectiv 9 min. pentru cele două condiții (TE = = 35 °C și TE = 36 °C).

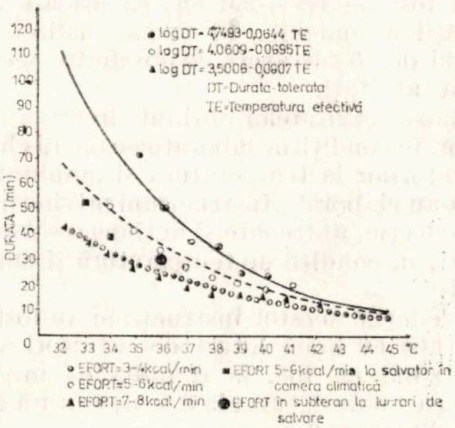



Fig. 3

Din figura 3 se remarcă tendința de apropiere a curbelor pentru cele trei nivele de efort la TE de peste 40 °C, timpul de toleranță variind numai între 14 și 22 min.

Din calcul a rezultat că în efortul din cel mai cald climat, cîștigul de căldură din mediu reprezintă 2/3 din căldura totală.

Condițiile grele de microclimat în care se desfășoară activitatea de salvare minieră pentru lichidarea avariilor — în special în cazul focurilor și incendiilor de mină — impun o atentă selecție, antrenare și atestare a celor care urmează să fie declarați apți pentru lucrul la temperatură și umiditate ridicate.

Pentru atestarea privind lucrul în condiții de temperatură și umiditate ridicate au fost investigați 40 salvatori minieri în loturi de cîte 5 persoane, cu limita de vîrstă cuprinsă între 22 și 40 ani. Efortul și testarea s-au făcut la C.C.I.T.P.S.M. Petroșani, în camera climatică — la scăriță și bandă rulantă, în care s-a realizat temperatura de 44—45 °C și umiditatea de 70—80%.

Testul pentru evaluarea răspunsului fiziologic la temperatură și umiditate ridicate s-a făcut pe subiecți echipați cu costum de lucru (salopetă, cisme, cască), cu aparatul izolant în funcțiune.

Durata expunerii a fost de 30 min., cu pauză de 10 min. între două reprize de lucru.

S-au investigat următorii parametri (înainte și după expunere) : frecvența cardiacă, tensiune arterială, temperatura sublinguală, greutatea corporală.

Frecvența cardiacă, după ședințele de antrenament, a fost mai mare în medie cu 18 bătăi/min., tensiunea arterială maximă a fost mai scăzută cu 4 mmHg, temperatura corpului a crescut în medie cu 0,3°C, iar scăderea în greutate a fost de 1,5 —2,0 kg, ca urmare a unei sudorații abundente. În urma analizei făcute pe lotul de 40 salvatori, șapte dintre aceștia nu au fost atestați.

Pe baza rezultatelor obținute în urma investigațiilor, în condiții de laborator-cameră climatică a salvatorilor la temperatură și umiditate ridicate, s-au elaborat „Instrucțiuni privind metodele de selecție, antrenare și acțiune a salvatorilor minieri, în condiții de temperatură și umiditate ridicate''.

Prevederile acestor instrucțiuni au fost experimentate cu două loturi de salvatori atestați într-o zonă cu foc, la o mină de minereuri. Acțiunea s-a desfășurat la o temperatură de 37°C și umiditate 69%.

S-au executat următoarele lucrări :

- încărcarea materialului derocat, cu mașina MIS;
- transportul materialului la rostogol, pentru evacuare.

Asupra salvatorilor investigați s-au efectuat următoarele determinări :

**a)** înainte de intrarea și după ieșirea din subteran :

— frecvența cardiacă, bătăi/min. ;
— tensiunea arterială, mmHg ;
— temperatura centrală, °C ;
— greutatea corporală, kg ;

**b)** în timpul intervenției în subteran :

— frecvența cardiacă, bătăi/min. ;
— temperatura cutanată, °C ;
— cantitatea de apă consumată în pauze.

În tabelul 3 sînt prezentate valorile medii ale parametrilor fiziologici testați în această acțiune de salvare.

Valorile temperaturii cutanate indică atingerea limitei de saturație a proceselor de termoreglare, ceea ce denotă o încordare foarte mare a proceselor fiziologice de eliminare a căldurii prin evaporarea transpirației.

Pe baza rezultatelor obținute în condiții concrete de subteran, pentru eforturile care se încadrează în categoria mijlocie — spre limita sa superioară (consum de oxigen 1,3—1,4 l/min. și cheltuială energetică 5—6 kcal/min.) s-a calculat o curbă de toleranță (fig. 4).

Valorile timpului de toleranță rezultate din cercetările noastre sînt sensibil apropiate de valorile rezultate din cercetările efectuate în U.R.S.S. și R.F.G., cercetări care au vizat lucrul salvatorilor minieri în condiții de temperatură și umiditate ridicate (tab. 4).

Pe baza rezultatelor obținute din cercetare s-au definitivat „Instrucțiunile privind meto-

*Tabelul 3*

| Parametrii fiziologici | Valori medii |
|---|---|
| Frecvența cardiacă (la suprafață) | |
| — înainte | 70,3 |
| — după | 68,0 |
| Frecvența crdiacă (în zonă-subteran) | |
| — efort | 162,0 |
| — repaus | 68,3 |
| — revenire : M. 1 | 138,0 |
| Tensiunea arterială maximă | |
| — înainte | 13,8 |
| — după | 11,6 |
| Tensiunea arterială minimă | |
| — înainte | 8,3 |
| — după | 7,4 |
| Temperatura cutanată, °C | 37,4 |
| Debit sudoral, ml/h | 1,84' |
| Indice Kempen | 162 |

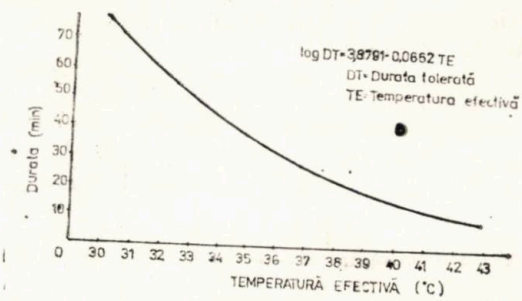



Fig. 4

*Tabelul 4*

| Temperatura efectivă, TE, °C | Timpul de toleranță | | |
|---|---|---|---|
| | din prezenta cercetare, min. | materiale din U.R.S.S., min. | materiale din R.F.G., min. |
| 30 | 78 | — | 75 |
| 31 | 67 | — | 65 |
| 32 | 58 | 60 | 55 |
| 33 | 49 | 80 | 45 |
| 34 | 42 | 40 | 40 |
| 35 | 36 | 34 | 35 |
| 36 | 31 | 30 | 30 |
| 37 | 27 | 26 | 25 |
| 38 | 23 | 22 | 21 |
| 39 | 20 | 20 | 20 |
| 40 | 17 | 18 | 20 |
| 41 | 15 | 17 | — |
| 42 | 13 | 16 | — |
| 43 | 11 | 15 | — |
| 44 | 9 | 14 | — |
| 45 | 8 | 13 | — |

dele de selecţie, antrenare şi acţiune a salvatorilor minieri în condiţii de temperatură şi umiditate ridicate", care au fost incluse ca un capitol separat în noile „Instrucţiuni tehnice" la Normele de protecţia muncii în industra minieră.

**Bibliografie**


[1] Bell, C. B. ş. a. *Safe exposure to sever heast.* J. Appl. Physiol, vol. 20, nr. 2, 1965.

[2] Gavrilescu, N. ş. a. *Factorii metodologici şi confortul termic în munca minerilor.* Bucureşti, 1964.

[3] Gwozd, B. ş. a. *Influence of physical working capacity on termoregulatery efficiency on human subject working with oxigen apparatus at high ambiant temperatures.* Acta physiologica, Polonica, 1979, vol. 3.

[4] Goldman, R. E. ş. a. *Tolerance of het wet enviroment by resting men.* J. Appl Physiol., 1965, vol. 20.

[5] Pafnote, M. ş. a. *Criterii fiziologice pentru stabilirea limitelor de toleranţă la temperaturi ridicate.* Igiena vol. 23, 1974.

[6] Pafnote, M. ş. a. *Physical fitness in deferent groups of industrial workers.* Revue roumaine de Morphologie, d'Embriologie et de Physiologie, vol. 16, 1976.

[7] Pafnote, M., Vaida, I. *Stresul termic în industria de prelucrare a metalului la cald.* Igiena, vol. 3, 1981.

[8] Vaida, I., Pafnote, M. *Physical word load in modern mining.* Revue Roumain de Morphologie 1979, vol. 16.

[9] Wymdham, C. H., Strydom, M. B. *Critery for psihologie limits for work in heat.* J. Appl. Physial vol. 2, 1965.

[10] Găman, M. *Îndrumător de salvare minieră,* 1985.

[11] * * * Norme republicane de protecţia muncii.

[12] * * * Norme departamentale de protecţia muncii, M.M.

[13] * * * Lucrările Comisiei de specialitate din cadrul CAER 1982.

[14] Găman, M. *Metode de instruire a salvatorilor minieri în condiţii de temperatură şi umiditate ridicate.* Studiu C.C.I.T.P.S.M., 1985—1986.


# Observaţii mineralogice privind aurul nativ din Munţii Highiş


Geol. **Marioara Drăgilă**
Ing. **O. Gh. Pop**


În ţara noastră aurul se cunoaşte şi se exploatează din cele mai vechi timpuri.

Aşa cum se ştie, zăcămintele cele mai importante de aur sînt răspîndite în Patrulaterul aurifer (Munţii Metaliferi) şi în regiunea Baia Mare. Sporadice mineralizaţii aurifere se mai citează în regiunea Băiţa Bihor şi în zona de sud-vest a Banatului.

În Munţii Highiş aurul are, de asemenea, frecvenţă redusă şi prezintă importanţă mineralogică, ştiinţifică.

Primele apariţii ale aurului în Munţii Highiş au fost semnalate în anul 1904 de John C.V. şi Eichleiter C.F. pe valea Cladovei. Aurul este inclus în cuarţ, în asociaţie cu pirita.

Din anul 1904 lucrările publicate n-au mai menţionat prezenţa aurului în masivul Highiş.

În anul 1981 autoarea acestei lucrări a observat şi identificat la microscop aur nativ în zona văii Miloviţa.

## Scurtă caracterizare geologică a regiunii

Masivul Highiş este alcătuit din seria de Mădrizeşti mezozonală, de vîrstă precambriană, reprezentînd fundamentul cristalin, seria de Păiuşeni epizonală, de vîrstă paleozoic mediu, care este străpunsă de granitele sincinematice de Highiş. Rocile granitice, mai tinere, metamorfozează la contact rocile sedimentare de vîrstă permian inferior.

Şisturile cristaline sînt acoperite de depozite sedimentare (cretacic inferior).

Seria de Păiuşeni este constituită din : şisturi blasto-pelitice şi blasto-psamitice, şisturi verzi reprezentînd tufuri bazice metamorfozate, care se asociază cu metabazalte, metadolerite, metagabbrouri, mai rar cu roci porfiroide.

Rocile intruzive sincinematice sînt reprezentate prin granite cu biotit, granodiorite, sienite cuarţifere cu biotit, diorite cuarţifere. Au fost identificate în plus granite alcaline cu egirin-augit pe valea Cladovei, sienite cu amfiboli şi sienite cuarţifere pe valea Şoimuş.

Granitele postcinematice sînt reprezentate prin microgranite porfirice, riolite microgranitice etc.

## Descrierea mineralizaţiei în care este prezent aurul nativ

Cercetările mineralogice efectuate pe două probe provenite dintr-o lucrare geologică din zona văii Miloviţa au condus la determinarea de sulfuri complexe şi, pe lîngă acestea, la identificarea aurului nativ. Sulfurile sînt dispuse în cuiburi sau sînt diseminate neomogen în roca-gazdă, care este o brecie tectonică de falie.

Sub lupa binoculară mineralizaţia este mai evidentă şi, de regulă, este constituită din pirită şi din cantităţi reduse de blendă şi galenă. Culoarea blendei este cenuşiu-gălbuie. De obicei, este semitransparentă, fiind asemănătoare cleiofanului. În masa mineralizaţiei se mai observă şi depuneri de cuarţ hidrotermal.

Structura mineralizației este microgranuloasă, iar textura brecioasă.

**Descrierea petrografică a rocii-gazdă**

Macroscopic și la lupa binoculară, roca-gazdă are aspectul unei brecii tectonice, fiind alcătuită din fragmente colțuroase sau ușor rotunjite de roci cu dimensiuni variabile (0,10 — 15 mm), prinse într-un ciment carbonato-argilos. Componentele rocii sînt constituite predominant din șisturi cristaline.

Sub microscop, roca-gazdă se caracterizează prin următoarea compoziție mineralogică: fragmente de cuarțite cu sericit carbonatate, cuarțite sericitoase, șisturi sericito-cuarțitice, fragmente de granite argilizate, lamele de sericit, muscovit, biotit, carbonați, monazit, xenotim, epidot, sfen leucoxenizat, hidroxizi de fier și liant 25—35% (fig. 1).

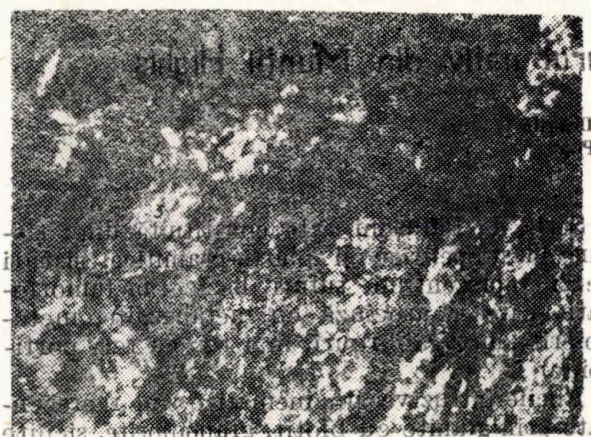


Fig. 1. Breccie tectonică: *1* — fragmente de cuarțite sericitoase carbonatate, argilizate și mineralizate; *2* — carbonați; *3* — șisturi cuarțitice sericitoase; *4* — liant carbonato-argilos. Mărire 50 ×.

Fragmentele de roci au contururi subangulare sau ușor rotunjite și sînt prinse într-un ciment sau liant de natură hidrotermală carbonato-argilos. În cimentul rocii se mai observă clorit, sericit, și ce criptocristalină și cuarț mărunt hidrotermal, depus în vinișoare și asociat, probabil, cu aurul nativ.

Carbonații de Ca și Mg se prezintă în microgranule sau cristale romboedrice mai larg dezvoltate, dispuse în cuiburi și vinișoare.

**Descrierea microscopică a mineralelor**

Sub microscop, în lumină reflectată (secțiuni lustruite), mineralizația de sulfuri în care este prezent și aurul nativ, este constituită din: pirită 8—10%, blendă 1—2%, galenă circa 0,5%, aur nativ circa 1%, hidroxizi de fier 0,5—1%.

Pirita ($FeS_2$) este sulfura predominantă. Se prezintă în cristale cu contururi hipidiomorfe, allotriomorfe, mai rar idiomorfe, sau plaje scurte, diseminate sau dispuse în cuiburi în masa rocii (fig. 2).

Uneori pirita este înlocuită sau substituită de hidroxizi de fier. Granulele de pirită au dimensiuni cuprinse între 0,02 și 1,5 mm.

Blenda (ZnS) se întîlnește în granule sau plaje cu contururi neregulate și are dimensiuni ce nu depășesc 1,5 mm (fig. 3); conține rare incluziuni de pirită.

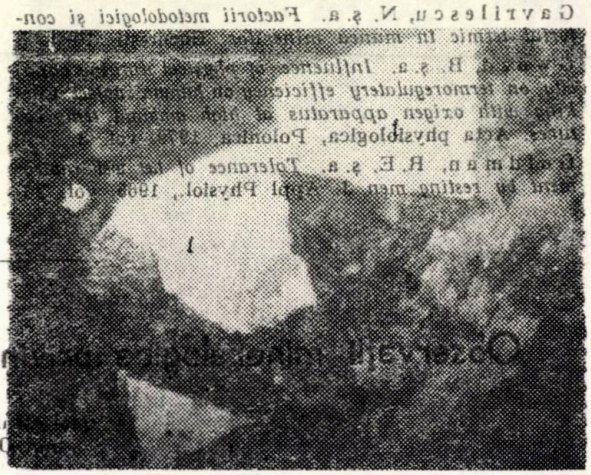


Fig. 2. Cristale de pirită *1* asociate și dispuse în cuiburi; *2* — masa rocii (gangă). Mărire 100 × N+.

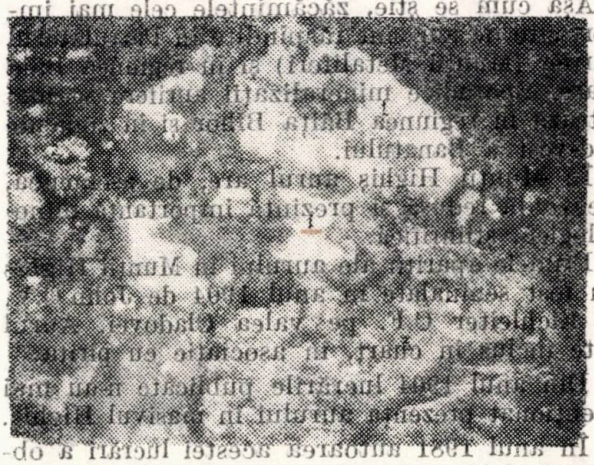


Fig. 3. Cristale allotriomorfe de blendă *1* și pirită *2* în masa rocii *3* (gangă). Mărire 100 × N+.

În lumină reflectată cu nicoli paraleli, blenda are culoare cenușie, iar cu nicoli încrucișați este semitransparentă și are reflexe interne albe sau ușor galbui, caracteristice blendei foarte puțin ferifere (gleiofan).

Galena (PbS) are frecvență redusă. Se întîlnește în granule allotriomorfe cu dimensiuni mici, cuprinse între 0,02 și 0,10 mm (fig. 4).

Aurul nativ s-a identificat prin observații microscopice (calcografice) și ulterior a fost confirmat prin analize fizice la microsonda electronică.

Aurul nativ se prezintă în granule microcopice, allotriomorfe sau apare filiform, pe vinişoare scurte, dispuse izolat în masa rocii sau în ganga de carbonaţi şi cuarţ (fig. 5).

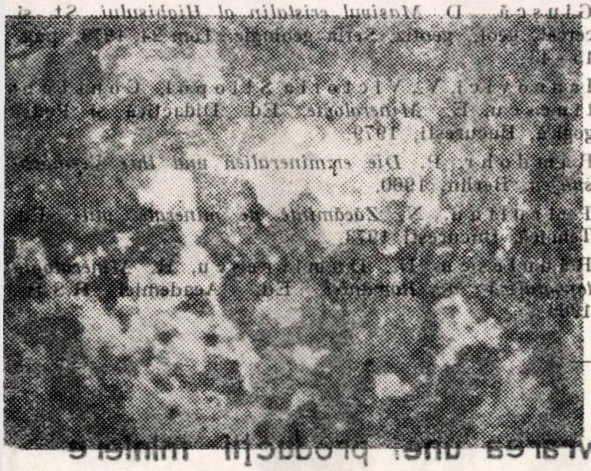


Fig. 4. Cristale allotriomorfe de galenă *1*; gangă *2* (masa rocii). Mărire 100 × N 11.

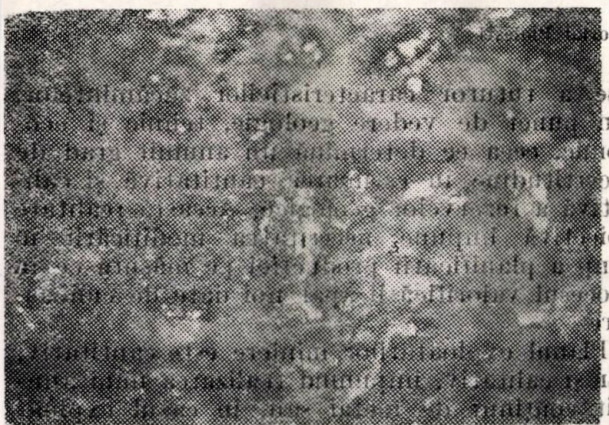


Fig. 5. Vinişoare de aur nativ *1*; pirită *2*; gangă de carbonaţi *3*. Mărire 100 × N 11.

De regulă, granulele de aur formează cuiburi. Aurul se lustruieşte bine, dar rămîn uneori pe suprafaţa lui zgîrieturi. Este izotrop. În lumină reflectată cu nicoli paraleli, culoarea aurului este galben-aurie şi prezintă strălucire mare, deosebindu-se net de calcopirită. Aurul are dimensiuni cuprinse între 0,001 şi 0,5 mm.

Prezenţa aurului a fost confirmată de analize la microsonda electronică (fig. 6 şi 7).

Din microfotografiile obţinute la microsondă se constată frecvenţa şi distribuţia omogenă a aurului.

Aurul a fost examinat la microsonda electronică şi pentru argint. Conţinutul în argint este scăzut.

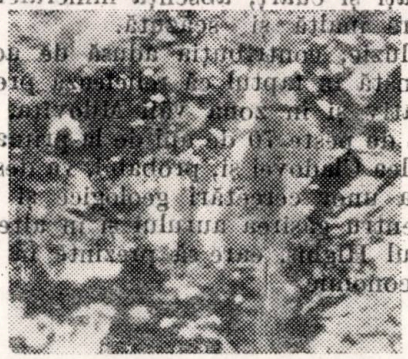


Fig. 6. Aur granular şi filiform. Imagine electrono-optică 600 ×.

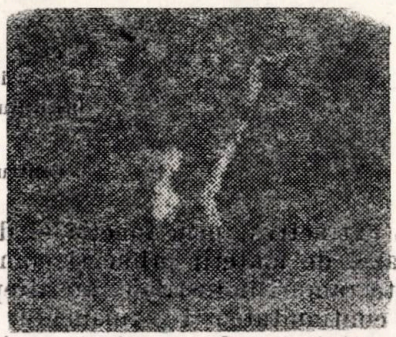


Fig. 7. Imaginea spectroscopiei radiaţiilor X pentru aur. Mărire 600 ×.

Analizele spectrale efectuate pun în evidenţă următoarele elemente: As = 1 500 ppm, Pb = 1 000 ppm, Zn = 2 000 ppm, Cu = 10 ppm, Sb = *a*, W = *a*, Ni = 5 ppm, Bi = *a*, Mo = 15 ppm, V = 60 ppm, Ag = 0,1 ppm, Co = 2 ppm.

## Concluzii

Mineralizaţia din zona văii Milovita este constituită predominant din pirită, blendă şi, cu totul subordonat, din galenă şi aur nativ. Această mineralizaţie este cantonată într-o brecie tectonică de falie. Cimentul breciei este alcătuit din carbonaţi de Ca, Mg, minerale argiloase, puţin clorit şi cuarţ hidrotermal.

Aurul are frecvenţă redusă şi este dispus izolat în masa rocii sau în ganga de carbonaţi

sau cuarţ. Apare sub formă de cuiburi sau vinişoare scurte.

Din punct de vedere genetic, mineralizaţia cercetată este de origine hidrotermală, mezotermală. Ca argumente pentru faza mezotermală se pot menţiona : prezenţa sulfurilor complexe, blenda care conţine puţin fier, ganga de carbonaţi şi cuarţ, absenţa mineralelor de temperatură înaltă şi scăzută.

În concluzie, contribuţia adusă de această lucrare constă în faptul că reliefează prezenţa aurului nativ şi în zona văii Milovîţa, după o perioadă de peste 70 de ani de la prima apariţie pe valea Cladovei şi, probabil, va deschide perspectiva unor cercetări geologice şi mineralogice pentru găsirea aurului şi în alte zone din masivul Highiş, care să prezinte în viitor şi interes economic.

**Bibliografie**


[1] Betehtin, A. G. *Curs de mineralogie.* Traducere din limba rusă. Ed. Tehnică, 1953.

[2] Drăgilă Marioara *Observaţii microscopice asupra rocilor din masivul Highiş.* Capitol inclus în Raportul geologic, Masivul Highiş, 1979. Arhiva I.M.R.

[3] Giuşcă, D. *Masivul cristalin al Highişului.* St. şi cercet. geol., geofiz. Seria geologie. Tom 24, 1979, pag. 15—43.

[4] Iancovici, V., Victoria Ştiopol, Constantinescu, E. *Mineralogie.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.

[5] Ramdohr, P. *Die erzmineralien und ihre Vermachsungen.* Berlin, 1960.

[6] Petrulian, N. *Zăcăminte de minerale utile.* Ed. Tehnică, Bucureşti 1973.

[7] Rădulescu, D., Dumitrescu, R. *Mineralogia topografică a României.* Ed. Academiei R.S.R., 1966.


---

# Metodă şi algoritm de calcul pentru livrarea unei producţii miniere de calitate impusă


Conf. dr. ing. **M. N. Ioneseu**
asist. ing. **V. E. Vasiliu**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

ing. **V. Popa**
Centrul de calcul teritorial Ploieşti


Industria extractivă, prin funcţia ei de asigurare a bazei de materii prime şi combustibili celorlalte ramuri industriale, are drept caracteristică continuitatea şi permanenţa. Pe de altă parte, activitatea de cercetare, proiectare şi planificare prezintă, comparativ cu celelalte ramuri industriale şi economico-sociale, un specific aparte, deoarece ea trebuie să adopte strategii de valorificare, tehnologii şi măsuri raţionale care trebuie să ţină seama de condiţiile naturale în care se află acumulările de diverse substanţe minerale utile.

Zăcămintele ce formează obiectul valorificării industriei miniere se caracterizează printr-o repartiţie neuniformă în scoarţa terestră, dar controlată de legi metalogenetice şi petrogenetice, iar caracteristicile lor cantitative şi calitative variază foarte mult, nu numai de la zăcământ la zăcământ, dar chiar şi în acelaşi corp de zăcământ, pe direcţie şi înclinare.

Ritmul înalt de dezvoltare impus de sarcinile ce decurg din planul unic de dezvoltare al economiei naţionale, ca şi sarcinile de îmbunătăţire continuă a indicatorilor calitativi ai producţiei impun, cu necesitate, introducerea unor metode moderne de organizare ştiinţifică a procesului de producţie, bazate pe optimizări şi eficienţă sporită.

Aceste metode trebuie să aibă în vedere imposibilitatea cunoaşterii totale şi riguros precise a tuturor caracteristicilor zăcămintelor, din punct de vedere geologic, tehnic şi economic, ceea ce determină un anumit grad de incertitudine în estimarea cantitativă şi calitativă a rezervelor geologice. Această realitate obiectivă impune necesitatea modificării în timp a planificării producţiei pe măsură ce în procesul valorificării apar noi date de cunoaştere.

Planul exploatărilor miniere este cantitativ, dar şi calitativ, impunînd realizarea unui anumit conţinut de metal sau, în cazul exploatărilor de cărbuni energetici, a unei puteri calorifice minime pe un anumit interval de timp (lună, an).

Din acest motiv, deseori, se impune adoptarea soluţiei unui amestec al producţiei provenite din zonele ce au conţinuturi şi/sau calităţi diferite de substanţe minerale utile, realizîndu-se o mixtură ce se încadrează în normele de calitate. În felul acesta, prin aplicarea condiţiilor de balanţă, exploatarea se face într-un amestec optim fără ca anumite panouri mai sărace să rămînă în zăcământ neexploatate sau — în cazul zăcămintelor carbonifere — să se submineze strate ce prezintă indici calitativi inferiori.

Pentru realizarea unui amestec al producţiei rezultate din zonele mai sărace calitativ cu cea provenită din zone mai bogate există două

posibilităţi : fie ca acest amestec să se facă experimental, determinindu-se la fiecare tip de amestec calitatea acestuia şi proporţia părţilor, fie printr-o prelucrare matematică a datelor existente.

În primul caz, la fiecare schimbare de conţinut trebuie prelevate probe, analizate chimic şi tehnologic, apoi efectuate diferite variante de amestec şi analizate din nou aceste mixturi; funcţie de rezultatul analizelor se alege varianta de reţetă de amestec cea mai bună şi apoi se stabilesc producţiile, proporţional cu cantităţile de substanţe intrate în mixtură. Este o cale foarte laborioasă, ce necesită un timp îndelungat pentru luarea deciziilor şi care pot conduce la întîrzieri şi restanţe în îndeplinirea sarcinilor de producţie.

Cel de-al doilea caz de soluţionare a problemei duce la scurtarea considerabilă a timpului de decizie, necesitînd doar un program care să răspundă acestei cerinţe şi un calculator pentru rularea acestuia.

În elaborarea programului trebuie să se ţină cont de conţinuturile medii ale panoului, respectiv de rezerva de minereu a fiecărui panou, de producţiile de minereu anuale (sau zilnice), de condiţiile de calitate impuse. De asemenea, trebuie introduse o serie de restricţii : cantităţile de minereu extras să nu depăşească producţia stabilită pe fiecare panou, să nu existe panouri (strate) care să nu fie luate în considerare, fiecare avînd o producţie minimă.

Sistemul de restricţii şi funcţia-obiectiv determinată conduc, în final, la o problemă de programare liniară. Prin aplicarea criteriului propus, se ţine cont în determinarea cantităţilor optime de extras din fiecare panou (strat), iar programul realizat are implicaţii favorabile asupra întocmirii planurilor de producţie şi orientării favorabile viitoarelor lucrări miniere.

În cele ce urmează se prezintă un program pentru realizarea unui amestec de mai multe sorturi calitative de cărbune, provenit din diferite strate (sectoare), cu puteri calorifice diferite, amestec care, în final, trebuie să aibă o putere calorifică impusă. Acest program s-a aplicat pentru rezolvarea unei teme de cercetare al cărei beneficiar este Combinatul Minier Ploieşti.

Dacă se notează cu $x_1, x_2, \ldots, x_n$ producţia zilnică ce urmează a fi obţinută pe fiecare strat, în care $1, 2, \ldots, n$ reprezintă numărul stratelor luate în considerare, notînd cu $q_i$ puterea calorifică a stratelor $i (i = 1, 2, \ldots, n)$, cu $P$ producţia zilnică, iar cu $Q_c$ puterea calorifică impusă, se pot scrie relaţiile matematice ce duc la elaborarea programului :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} x_i = P \\ min \sum_{i=1}^{n} x_i q_i \geq Q_c \sum_{i=1}^{n} x_i. \end{cases} \quad (1)$$

Restricţia impusă este ca producţia minimă pe fiecare strat să fie minimum jumătate din producţia planificată pe stratul respectiv, adică să nu existe posibilitatea eliminării din calcul a stratului ce are puterea calorifică cea mai scăzută. Trecerea producţiei ce urmează a se obţine de pe un strat (strate) ce are (au) putere calorifică scăzută pe unul sau mai multe strate cu putere calorifică mai mare se face prin paşi ce pot fi reglaţi funcţie de cerinţe.

Programul a fost aplicat pe un zăcămînt de cărbuni ipotetic, în care puterile calorifice s-au luat aleator cu valori de 600; 1 000; 1 200 şi 1 600 kcal/kg, aparţinînd la patru strate de cărbune. Puterea calorifică impusă este de 1 250 kcal/kg, iar producţia totală 1 200 t zilnic, repartizată iniţial egal pe toate stratele.

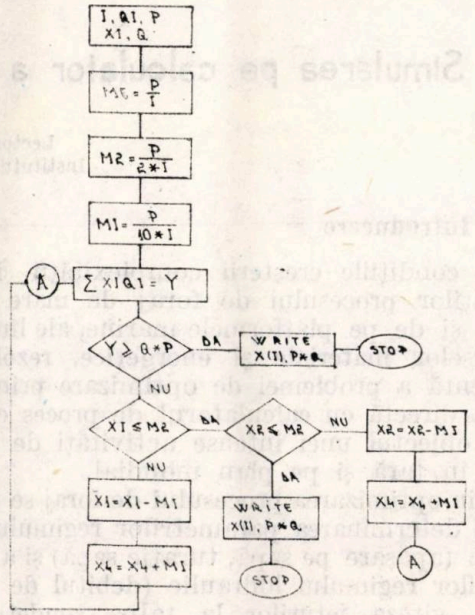



Fig. 1

Schema logică este redată în figura 1, iar programul utilizat este următorul :

```
REAL ME, M2, MI QI(4), X(4), P, Q
WRITE (3, 8)
READ (I, J) (QI(J), J = 1,4), (X(J), J =
= 1,4), P, Q
8 FORMAT (10X' INTRODUCEŢI DATELE :
QI., Q2., Q3., Q4., XI., X2., X3., *X4., P.
Q, ' , //)
```

```
      1 FORMAT (10F6.0)
        ME = P/4
        M2 = P/8
        MI = P/40
        Y = 0
        DO 2 J = 1,4
      2 Y = Y + X(J) * QI(J)
        IF (Y - GE - Q * P) GO TO 7
        IF(X(1) - LE - M2) GO TO 9
        X(1) = X(1) - MI
        X(4) = X(4) - MI
        GO TO 11
      9 IF(X(2) - LE - M2) GO TO 7
        X(2) = X(2) - MI
        X(4) = X(4) - MI
        GO TO 11
      7 WRITE (3,3) (X(J), J = 1,4), Y
      3 FORMAT (8X, 'X1 = ', F5.0, 2X, 'X2 =
     ', F5.0, 2X, 'X3 = ', F5.0, 2X, 'X4 =
     ', F5.0, 2X, 'P * Q = ', F8.0
        STOP
        END
```

După rularea acestui program cu aplicația sus menționată, s-au obținut producțiile pe strate cu valorile $X_2 = 150$ t (ceea ce reprezintă producția minimă admisă pe strat), cu valorile $X_2 = 240$ t, $X_3 = 300$ t și $X_4 = 510$ t în condiția ca totalul producției să fie de putere calorifică minimă de 1 250 kcal/kg.

Acest program poate fi extins la un număr mai mare de strate, pașii de trecere a producției de pe un strat pe altul pot fi reglați convenabil, iar dimensiunile sale reduse îl fac rezolvabil prin procedee manuale, nefiind necesar un calculator cu putere mare.

Rapiditatea soluțiilor date și ; volumul mic de muncă depus pentru rezolvarea livrării producției miniere la o calitate cerută fără a face o exploatare irațională, precum și luarea în exploatare a tuturor zonelor, inclusiv a celor cu parametri calitativi scăzuți, fac ca acest program să aibă aplicabilitate imediată, prin obținerea de soluții oportune, respectînd criteriul calitativ impus.

Bibliografie


[1] Ciucu, G., Craiu, V. *Introducere în teoria probabilităților și statistică matematică*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1971.

[2] Murgu, M. *Evaluarea geologică și industrială a zăcămintelor minerale*. Ed. Tehnică, București, 1986.

[3] Zorilescu, D. *Modele operaționale ale problemelor miniere. Aplicații*. Ed. Tehnică, București, 1981.


# Simularea pe calculator a optimizării regimului mecanic de foraj


Lector ing. **Gh. Cremenescu**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


## I. Introducere

În condițiile creșterii complexității și dificultăților procesului de foraj de mare adîncime și de pe platformele marine, ale limitării resurselor materiale și energetice, rezolvarea eficientă a problemei de optimizare prin asistarea directă cu calculatorul de proces constituie obiectul unei intense activități de cercetare în țară și pe plan mondial.

Prin optimizarea procesului de foraj se urmărește determinarea parametrilor regimului mecanic (apăsare pe sapă, turație sapă) și a parametrilor regimului hidraulic (debitul de circulație, viteza jeturilor la talpa sondei) prin care se asigură extremizarea criteriului de performanță adoptat (prețul de cost, viteze de foraj, puterea hidraulică la talpă etc.) și desfășurarea procesului în deplină siguranță, fără accidente și complicații tehnice. Pentru rezolvarea eficientă a problemei de optimizare este necesar ca modelul matematic al procesului de dislocare a rocii să fie „actualizat" după condițiile concrete de la talpă în timpul lucrului sapei, prin prelucrarea după metode statistice a datelor testelor de foraj și a datelor din rapoartele de foraj cu sapele anterioare [6].

Optimizarea procesului de foraj prin simulare numerică pe calculator este impusă de complexitatea și variabilitatea aleatoare a mărimilor procesului, cît și de avantajele simulării (prelucrarea rapidă a datelor, durata simulării mai scurtă, decît a procesului real, etc.).

## II. Formularea matematică a problemei de optimizare a regimului mecanic de foraj

Aceasta constă în stabilirea funcției obiectiv ca expresie matematică a criteriului de optimizare adoptat și definirea restricțiilor care delimitează domeniul admisibil de variație a variabilelor procesului.

Cel mai complet indicator cantitativ de performanță este prețul de cost pe metrul forat exprimat prin relația:

$$C_m = \frac{C_i(t_s + t_m) + C_s \quad A + t_s}{h_s} \quad (1)$$

în care:

$C_i$ este costul orar al exploatării instalației și al brigăzii de foraj;

$C_s$ costul sapei de foraj;

$t_s$ — timpul de lucru al sapei (durata marșului);

$t_m$ — timpul de manevră;

$h_s$ — avansarea pe mars.

Pentru includerea parametrilor mecanici ca variabile de comandă în funcția-obiectiv din modelul matematic al procesului de dislocare:

$$\frac{dh}{dt} = C_f \cdot f_1(W) \cdot f_2(n) \cdot f_3(D),$$

$$\frac{dD}{dt} = C_a \cdot g_1(W) \cdot g_2(n) \cdot g_3(D), \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \frac{1}{C_l} \cdot h_1(W) \cdot h_2(n),$$

prin integrare între limitele $(0, h_s)$, $(0, t_s)$, $(0, D_f)$, $(0, R_f)$ se determină pentru regim de foraj constant, pe toată durata marșului, mărimile:

$$t_s = \frac{1}{C_a} \cdot \frac{U(D_f) - U(0)}{g_1(W) \cdot g_2(n)},$$

$$h_s = \frac{C_f}{C_a} \cdot \frac{f_1(W) \cdot f_2(n)}{g_1(W) \cdot g_2(n)} \cdot [E(D_f) - E(0)], \quad (3)$$

$$R_f = \frac{1}{C_a C_l} \cdot \frac{h_1(W) \cdot h_2(n)}{g_1(W) \cdot g_2(n)} \cdot [U(D_f) - U(0)],$$

în care:

$W$ este apăsarea axială pe sapă;

$n$ — turația sapei;

$D$ — gradul de uzură al danturii sapei;

$R$ — gradul de uzură al lagărelor sapei;

$C_f$, $C_a$, $C_l$ — constantele „tehnologice" ale forajului (de forabilitate a rocii, de abrazivitate a rocii, constanta lagărelor);

$$U(D) = \int \frac{dD}{g_3(D)}, \quad E(D) = \int \frac{f_3(D)}{g_3(D)} dD;$$

$D_f$, $R_f$ — gradele finale de uzură a sapei.

Constantele „tehnologice" înglobează acțiunea celorlalți factori neexplicitați direct în modelul matematic (2) și se calculează pe baza datelor marșului anterior (având indicele 0):

$$C_a = \frac{U(D_{f0}) - U(0)}{g_1(W_0) \cdot g_2(n_0) \cdot t_{s0}},$$

$$C_l = \frac{1}{R_{f0}} \cdot h_1(W_0) \cdot h_2(n_0) \cdot t_{s0}, \quad (4)$$

$$C_f = C_a \frac{g_1(W_0) \cdot g_2(n_0)}{f_1(W_0) \cdot f_2(n_0)} \cdot \frac{h_{s0}}{E(D_{f0}) - E(0)}.$$

Modelele matematice cele mai reprezentative, care corespund ca scop optimizării regimului mecanic de foraj, sînt: modelul Galle-Woods, modelul Young-Don Marphy, modelul Preston Moore, modelul Bourgoyne-Young.

Domeniul admisibil de variație a variabilelor $W$, $n$, $D_f$, $R_f$ este definit de restricțiile fizice și tehnologice ale procesului de foraj.

Restricțiile fizice sînt impuse de capacitatea de lucru și de siguranța funcționării echipamentului de foraj, ca de exemplu: rezistența, la compresiune și flambaj a garniturii de foraj, rezistența mecanică a sapei, uzura danturii și lagărelor sapei, turațiile critice la care apare fenomenul de rezonanță longitudinală și transversală a garniturii de foraj, debitul maxim de circulație, viteza ascensională maximă în spațiul inelar etc.

Restricțiile tehnologice sau de strategie a conducerii impun limitări ale parametrilor tehnologici (mecanici, hidraulici, fizico-chimici și reologici ai noroiului de foraj), astfel încît să se evite complicațiile și accidentele tehnice (pierderi de circulație, manifestări eruptive, prinderea garniturii sau sapei), instabilitatea direcțională a garniturii de foraj și deviația găurii de sondă, contaminarea stratelor productive etc.

Problema optimizării regimului mecanic de foraj cu funcția-obiectiv (1), modelul matematic (2) și restricțiile impuse se formulează matematic astfel:

$$\min_{W, n, D_f} C_m(W, n, D_f) =$$

$$= \min_{W, n, D_f} C_t \frac{A + \frac{1}{C_a} \cdot \frac{U(D_f) - U(0)}{g_1(W) \cdot g_2(n)}}{\frac{C_f}{C_a} \cdot \frac{f_1(W) \cdot f_2(n)}{g_1(W) \cdot g_2(n)} \cdot [E(D_f) - E(0)]}, \quad (8)$$

$$W \leqslant W_d = 1{,}785 \cdot D_s,$$

$$n \neq n_{cr}, \quad (5)$$

$$D_f \leqslant 1,$$

$$R_f = \frac{1}{C_a \cdot C_l} \cdot \frac{h_1(W) \cdot h_2(n)}{g_1(W) \cdot g_2(n)} \cdot [U(D_f) - U(0)] \leqslant 1,$$

în care:

$W_d$ este apăsarea de distrugere a sapei;

$D_s$ — diametrul sapei;

$n_{cr}$ — turațiile critice de rezonanță ale garniturii de foraj.

Formularea matematică (5) este o problemă de optimizare staționară cu funcție-obiectiv neliniară, multivariabilă, multimodală, cu restricții inegalități neliniare.

Rezolvarea problemei de optimizare constă în determinarea valorilor variabilelor de comandă-apăsare, turație, uzură finală dantură

— pentru prețul de cost minim pe metrul forat.

Pentru simularea numerică asistată de calculator a optimizării regimului mecanic s-a ales modelul matematic Galle-Woods [1 ; 2].

Funcția $h_1(W)$ de uzură a lagărelor în raport cu apăsarea, prezentată în literatură sub formă de tabel sau grafic, s-a dedus analitic după metoda celor mai mici pătrate, prin testarea a zece funcții de regresie [7]. Funcțiile de regresie polinomiale, cu polinoame ortogonale Cebîșev de formă :

$$h_1(W) = \sum_{k=1}^{5} A_K \cdot P_K(W), \qquad (6)$$

în care coeficienții $A_K$ se calculează cu relația :

$$A_K = \frac{\sum_{j=1}^{n} P_K(W_j) \cdot h_{1j}}{\sum_{j=1}^{n} P_K^2(W_j)}, \qquad (7)$$

iar polinoamele Cebîșev cu relațiile :

$$P_1(W) = 1,$$

$$P_2(W) = W - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} W_j,$$

$$P_{K+1}(W) = \left[ W - \frac{\sum_{j=1}^{n} W_j \cdot P_K^2(W_j)}{\sum_{j=1}^{n} P_K^2(W_j)} \right] P_K(W) - \frac{\sum_{j=1}^{n} P_K^2(W_j)}{\sum_{j=1}^{n} P_{K-1}^2(W_j)} \cdot P_{K-1}(W), \qquad (8)$$

în care

$n$ este numărul de date de intrare, prezintă cea mai bună adecvanță în raport cu testul de concordanță Gauss.

Schema logică a programului pentru alegerea funcției de regresie și estimarea parametrilor funcției alese este prezentată în figura 1.

### III. Analiza metodelor de rezolvare a problemei optimizării regimului mecanic de foraj

Din analiza lucrărilor din literatura de specialitate privind optimizarea regimului mecanic de foraj se scot în evidență unele limitări ale metodelor utilizate.

— Metoda Galle-Woods rezolvă problema cu ajutorul nomogramelor întocmite de acești autori ; metoda nu se pretează însă la rezolvarea cu calculatorul.

— Metoda explorării cu pas constant a domeniului de variație al apăsării și al turației pentru restricția $R_f = 1$ (lagărele determină durata marșului) sau $D_f = 1$ (dantura determină durata marșului) și alegerea combinației care determină și prețul de cost minim.

Metoda necesită un număr mare de evaluări ale funcției-obiectiv, viteză de convergență către optim scăzută, presupunînd existența optimului numai pe frontierele domeniului.

— Metoda de căutare ciclică a suboptimului funcției-obiectiv, prin explorare unidimensională după variabilele $W$, $n$, $D_f$, pînă la determinarea optimului funcției-obiectiv. Acest algoritm de optimizare monovariabilă după direcțiile axelor variabilelor de comandă este lent și ineficace pentru funcția „excentrică" a prețului de cost.

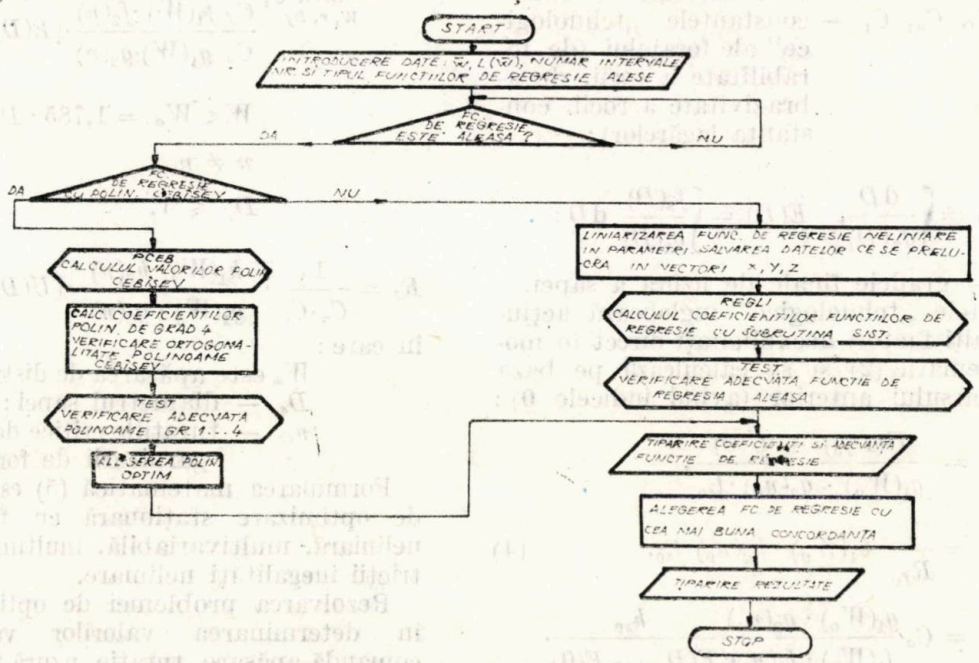



Fig. 1. Schema logică a deducerii funcției de uzură a lagărelor sapei.

Pentru rezolvarea problemei de optimizare, trebuie folosiţi algoritmi puternici, abili în căutare, ca de exemplu: algoritmul BOX, algoritmul Rosenbrock cu restricţii, tehnica funcţiilor de penalizare, tehnica lagrangeanului proiectat, tehnica lagrangeanului augmentat.

Algoritmul BOX folosit şi adoptat de autor pentru problema de optimizare (5) constituie o premieră în ţară în domeniul forajului sondelor.

Schema logică a algoritmului este prezentată în figura 2, iar programul, scris în limbaj FORTRAN 77, a fost implementat pe un calculator CORAL 4011.

Pentru problema de optimizare de forma:

$$\min_{X}\{F(X)\,|\,G \leqslant X \leqslant H,\ G \leqslant \varphi(X) \leqslant H\} = F(X^*) = F^*, \tag{9}$$

în care:

$X$ este vectorul $n$-dimensional al variabilelor de comandă;
$X^*$ — vectorul cu valorile optime ale variabilelor de comandă;
$G; H$ — vectori $m$-dimensionali cu valorile limitelor pentru restricţii;
$m$ — numărul de restricţii;
$\varphi(X)$ — restricţiile implicite;
$F^*$ — valoarea optimă a funcţiei-obiectiv,

principiul algoritmului constă în explorarea spaţiului admisibil cu un hiperpoliedru cu $2n$ vîrfuri, denumit complex, care prin operaţii de reflexie şi contracţie a vîrfurilor se deplasează către optim.

După generarea coordonatelor vîrfurilor complexului cu relaţia:

$$x(i,j) = G_j + R(i,j)\cdot(H_j - G_j),\ i = 2,3,\ldots,2n;\ j = 1,2,\ldots,n \tag{10}$$

şi corecţia acestora în cazul violării restricţiilor, se evaluează funcţia-obiectiv în toate vîrfurile, apoi se identifică vîrful cel mai nefavorabil (valoarea funcţiei-obiectiv este maximă). Acesta se reflectă faţă de centroidul ponderat al celorlalte vîrfuri (soluţie propusă de Umeda şi Ichikawa) după relaţia:

$$XR(j) = XC(j) + \alpha[XC(j) - XM(j)],\quad j = 1,2,\ldots,n, \tag{11}$$

iar coordonatele centroidului ponderat se calculează:

$$XC(j) = \frac{\sum_{i=1}^{2n}[F(XM) - F(X(i)]x(i,j)}{\sum_{i=1}^{2n}[F(XM) - F(X(i))]},\quad j = 1,2,\ldots,n, \tag{12}$$

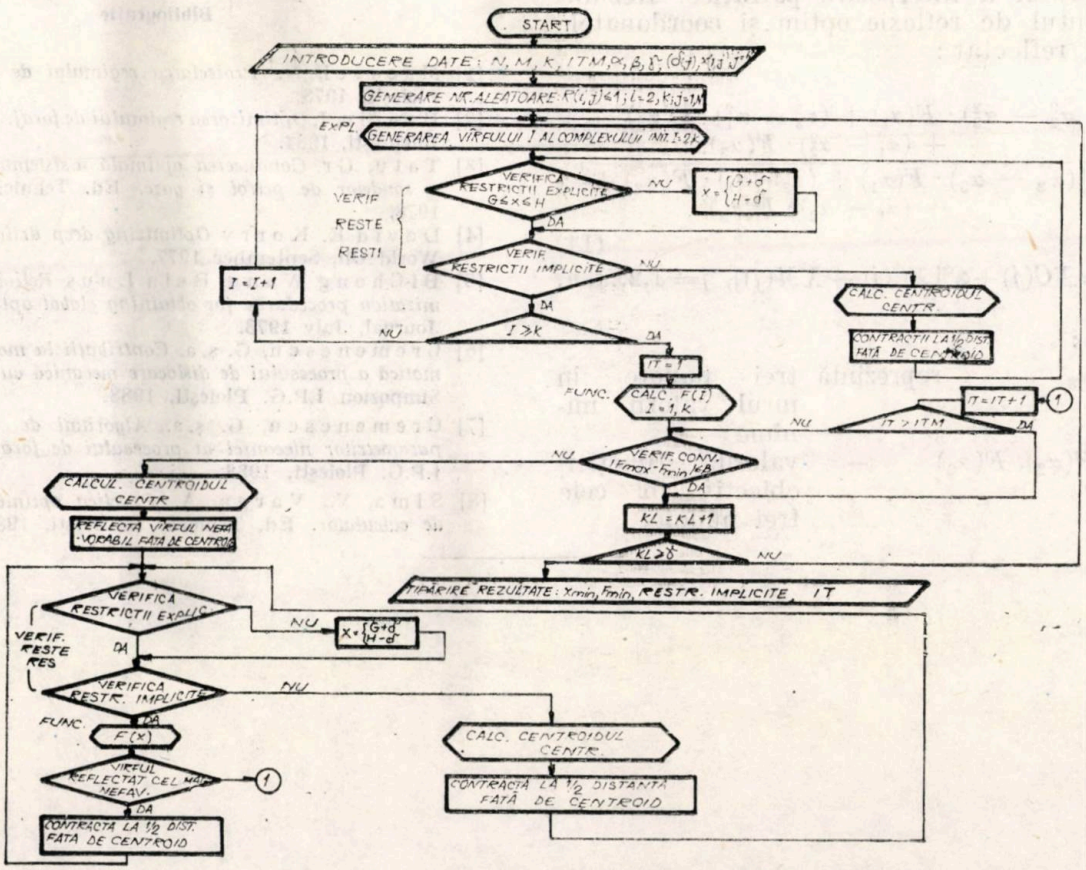



Fig. 2. Schema logică a algoritmului BOX.

în care :

$XR$ – este vîrful reflectat ;

$XM$ – vîrful nefavorabil ;

$XC$ – centroidul ponderat al complexului ;

$\alpha$ – coeficientul de reflexie, supraunitar ($\alpha = 1{,}3$ propus de BOX).

Vîrful reflectat este supus controlului restricţiilor, iar în caz de insucces este corectat prin contracţie la mijlocul distanţei către centroid.

Explorarea se termină cînd este satisfăcut criteriul de convergenţă :

$$F(XM) - F(X^*) \leqslant \varepsilon.$$

Cercetarea numerică pe diferite funcţii test (funcţia Rosenbrock, funcţia Beale, funcţia Rosen-Suzuki) pentru mai multe puncte de start, a confirmat performanţele şi abilitatea în căutarea algoritmului BOX, conducînd de fiecare dată către optimul global al funcţiei-obiectiv.

Pentru creşterea convergenţei către optim am adus un amendament algoritmului prin determinarea la fiecare iteraţie a coeficientului de reflexie optim pentru deplasarea cu pas optimal a vîrfului nefavorabil. Se rezolvă o subproblemă de optimizare monovariabilă, fără restricţii *min* $F(XC + \alpha\,(XC - XM))$ prin metoda Powell a interpolării pătratice. Rezultă coeficientul de reflexie optim şi coordonatele vîrfului reflectat :

$$\alpha^* = \frac{1}{2}\,\frac{(\alpha_2^2 - \alpha_3^2)\cdot F(\alpha_1) + (\alpha_3^2 - \alpha_1^2)\cdot F(\alpha_2) + (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)\cdot F(\alpha_3)}{(\alpha_2 - \alpha_3)\cdot F(\alpha_1) + (\alpha_3 - \alpha_1)\cdot F(\alpha_2) + (\alpha_1 - \alpha_2)\cdot F(\alpha_3)}, \tag{14}$$

$$XR(j) = XC(j) + \alpha^*[XC(j) - XM(j)],\ j = 1,2,\ldots,n,$$

în care :

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — reprezintă trei puncte în jurul valorii minime ;

$F(\alpha_1), F(\alpha_2), F(\alpha_3)$ — valorile funcţiei-obiectiv în cele trei puncte.

Rezolvarea problemei de optimizare a regimului mecanic de foraj cu algoritmul BOX este mai exactă decît metoda Galle-Woods cu nomograme. Astfel, pe exemplele numerice din [1 şi 2] s-au obţinut reduceri ale preţului de cost pe metrul forat de circa 32 – 33% faţă de 27 – 28% [1, 2, 7].

## Concluzii

În lucrare se prezintă problema optimizării regimului mecanic de foraj, într-o abordare sistematică de definire a funcţiei-obiectiv, a restricţiilor şi a variabilelor semnificative de comandă.

Prin metoda regresiei multiple cu funcţii liniarizate şi polinoame ortogonale Cebîsev, s-a dedus cea mai probabilă reprezentare analitică a funcţiei de uzură a lagărelor, în raport cu apăsarea pentru modelul Galle-Woods.

Soluţionarea problemei de optimizare cu algoritmul BOX adoptat reprezintă o contribuţie a autorului în literatura şi practica forajului din ţară.

Identificarea „on-line” a modelului matematic al procesului de dislocare [16] şi soluţionarea optimizării cu algoritmul BOX oferă garanţii în implementarea de structuri evoluate de conducere a procesului de foraj cu calculatorul de proces.

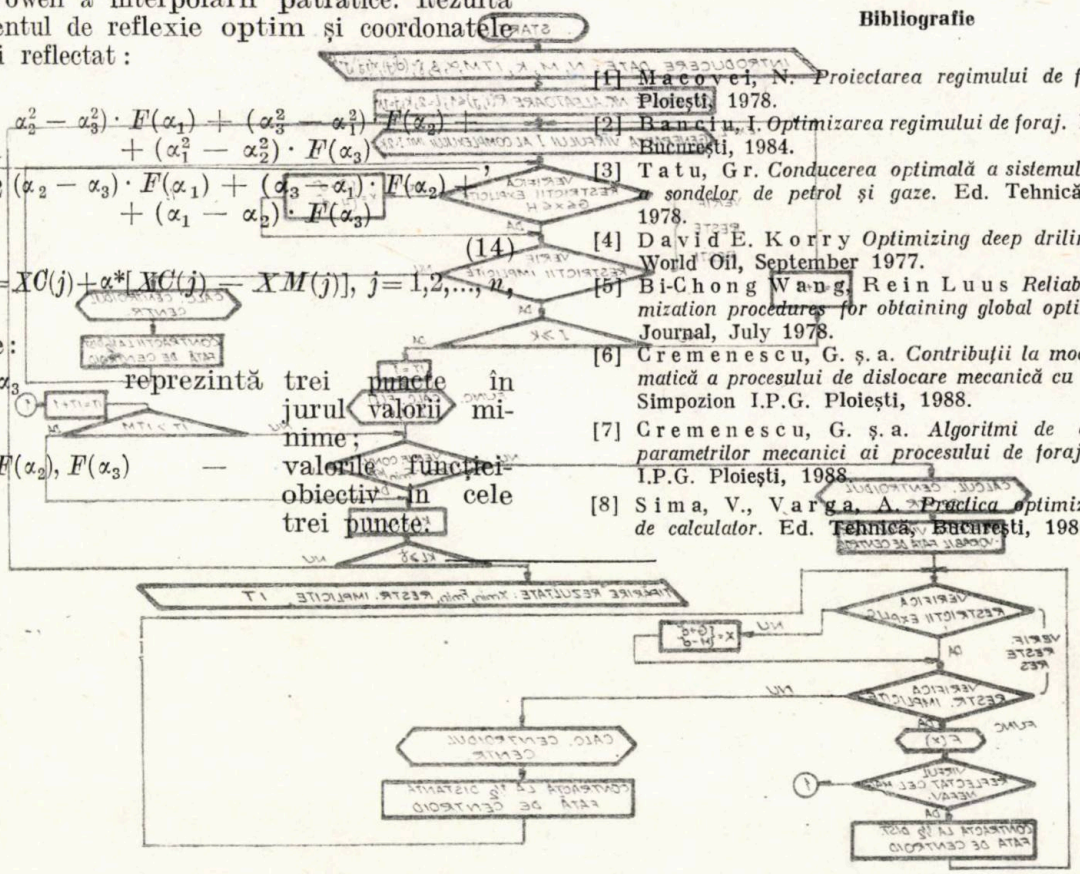


Fig. 2. Schema logică a algoritmului BOX.

## Bibliografie


[1] Macovei, N. *Proiectarea regimului de foraj.* I.P.G. Ploieşti, 1978.

[2] Banciu, I. *Optimizarea regimului de foraj.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1984.

[3] Tatu, Gr. *Conducerea optimală a sistemului de forare a sondelor de petrol şi gaze.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1978.

[4] David E. Korry *Optimizing deep driling programs.* World Oil, September 1977.

[5] Bi-Chong Wang, Rein Luus *Reliability of optimization procedures for obtaining global optimum* AIChE Journal, July 1978.

[6] Cremenescu, G. ş. a. *Contribuţii la modelarea matematică a procesului de dislocare mecanică cu sape cu role,* Simpozion I.P.G. Ploieşti, 1988.

[7] Cremenescu, G. ş. a. *Algoritmi de optimizare a parametrilor mecanici ai procesului de foraj.* Simpozion I.P.G. Ploieşti, 1988.

[8] Sima, V., Varga, A. *Practica optimizării asistate de calculator.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1986.

# Modificări structurale ale țițeiurilor în procesele de exploatare

Prof. dr. ing. I. D. Pârcălăbescu
sef lucr. dr. ing. D. Besnea
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

Modelînd procesele de exploatare prin conceptul einsteinian că materia în mișcare este energie:

$$E = m \cdot c^2,$$

ținînd seama de legea conservării energiei care statuează [2] că „într-un sistem închis-izolat energia păstrează o mărime constantă — se conservă și dispariția sau diminuarea cantitativă a unor forme de energie este însoțită de apariția unor cantități echivalente din alte forme", exprimînd [3] funcțional energia-materia în mișcare, prin relația:

$$E = f(\mathfrak{R}, V, T, p, t),$$

în care:

$\mathfrak{R}$ este parametrul alcătuirii structurale a materiei, care ocupă sau este inclusă într-un zăcămînt-încintă, posedînd un
— volum de pori $V$, sistem ce se află la o
— temperatură $T$ și o
— presiune $p$, de-a lungul unui
— timp geologic sau de exploatare $t$,

în ipoteza că procesele de exploatare pe seama energiei proprii se pot considera izoterme, rezultă, după legea conservării energiei, că o dată cu variația în timpul exploatării, a presiunii și volumului din încinta zăcămîntului, va varia și alcătuirea structurală a materiei aflate în starea de agregare lichidă, adică va varia compoziția chimică a țițeiurilor.

În cazul combustiei subterane, în care energia termică are o mărime însemnată [3], modificările structurale ale țițeiurilor vor fi și mai intense [8].

Plecînd de la aceste premise, s-a urmărit să se demonstreze, prin analizele chimico-structurale asupra țițeiurilor, modificările care au avut loc în procesele de exploatare.

Pentru prima situație — exploatarea pe seama energiei proprii — s-a ales drept model exploatarea țițeiului meoțian din structura Bucșani. S-a ales acest țiței pentru că are conținutul cel mai mare de $C_p^t$ aflat pînă în prezent pentru țițeiurile din România.

În anul 1955 profesorul C. Creangă menționa [1] pentru țițeiurile din meoțianul de la Buc-

*Tabelul 1*

| Sonda nr. | Indici structurali $C_p^t$ | $C_N^t$ | $C_A^t$ | Indici de calitate $c$ | $r$ | $d$ | $s$ | Clasa | Grupa | Parametrii de zăcămînt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | temperatura, °C | 66 |
| 57 | 75 | 19 | 6 | 2 | 6 | 32 | 0,5 | P | C.SR.NS | presiunea inițială, bar | 180 |
| 71 | 73 | 21 | 6 | 9 | 8 | 28 | 0,5 | P | C.SR.NS | presiunea de saturație, bar | 150 |
| 72 | 74 | 19 | 7 | 2 | 8 | 34 | 0,5 | P | C.SR.NS | rația inițială de soluție, $m_N^3/m^3$ | 120 |

*Tabelul 2*

| Sonda nr. | Fracția, °C | Randament față țiței, % | Randament față țiței dezasfaltat, % | Distribuția carbonului, % raportat la fracții $C_p^t$ | $C_N^t$ | $C_A^t$ | raportat la țiței $C_p^t$ | $C_N^t$ | $C_A^t$ | Densitatea țițeiului | $c$, % | $r$, % | $d$, % | $s$, % | Clasa | Grupa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 bis | i-200 | 24,56 | 28,13 | 67,7 | 26,7 | 5,6 | 19,04 | 7,51 | 1,56 | 0,856 | 9,81 | 12,72 | 24,56 | 0,196 | PN | CRNS |
| | 200—300 | 13,35 | 15,30 | 73,7 | 21,2 | 5,1 | 11,28 | 3,24 | 0,78 | | | | | | | |
| | 300—500 | 49,47 | 56,57 | 71,2 | 21,7 | 7,1 | 40,28 | 12,27 | 4,02 | | | | | | | |
| | | | | Total | | | 70,60 | 23,02 | 6,36 | | | | | | | |
| 342 | i-200 | 19,95 | 22,84 | 69,7 | 25 | 5,3 | 15,9 | 5,7 | 1,2 | 0,827 | 12,91 | 12,64 | 19,95 | 0,27 | PN | CRNS |
| | 200—300 | 18,12 | 20,74 | 68,9 | 25,2 | 5,9 | 14,3 | 5,2 | 1,2 | | | | | | | |
| | 300—500 | 49,23 | 56,36 | 67,8 | 24 | 8,2 | 39,7 | 14,1 | 4,8 | | | | | | | |
| | | | | Total | | | 69,9 | 25 | 7,2 | | | | | | | |

șani datele indicate în tabelul 1, la care se completează datele referitoare la unii parametri ai zăcămîntului. Pentru că sondele menționate în anul 1955 nu mai sînt în prezent în lucru, din același tub de curent și din imediata lor vecinătate s-au recoltat probele de țiței analizate în anul 1988 (tab. 2).

Din datele consemnate în tabelul 1 se poate menționa că țițeiul aparținea clasei parafinice, era „la început" un țiței intens transformat fizico-chimic [3], transformare pusă în evidență de parametrul $d$, care se corelează cu mărimea rației inițiale de soluție $r_0$ și, mai ales, prin proporția de carbon parafinic $C_p^t$, pentru care a fost integrat [4] în grupa $A$ a țițeiurilor intens transformate energetic.

În condițiile inițiale ale exploatării, țițeiul a fost nesaturat cu gaze, zăcămîntul lucrînd la început în regimul elastic de exploatare, pentru ca ulterior să lucreze în regimul mixt, cu o componentă a împingerii apei marginale, care a deplasat contactul inițial apă/țiței, dar sub preponderența ieșire a gazelor din soluție, promovată de regimul tehnologic al funcționării sondelor. Acest lucru a dus la creșterea intensivă a rației gaze/țiței și după epuizarea energiei gazelor; astăzi rațiile gaze/țiței sînt minore, sondele lucrează acum în pompaj.

Analizele anului 1988 sînt consemnate în tabelul 2.

Din compararea indicilor structurali se observă o scădere a gradului de participare a carbonului parafinic, cu circa 4%, o creștere a participării carbonului naftenic cu 4,35% și o ușoară creștere, de numai 0,45%, a carbonului aromatic.

În ceea ce privește indicii de calitate, participarea cerurilor a crescut în medie cu 5,9%, iar la rășini + asfaltene creșterea este de 5,38%.

Pentru țițeiurile „inițiale" exista [1; 3] o corelare a variației $C_A^t$ cu $r$ din cauza similarității structurale, ambii indici fiind specifici structurilor ciclice. O corelare exista și între $C_p^t$ și $c$, și aceasta tot din cauza legii similarității structurale, indicii $C_p^t$ și $c$ fiind caracteristici structurilor cu atomi de carbon în catene deschise.

La țițeiurile „de azi" corelările nu mai sînt respectate; participarea $C_p^t$ a scăzut cu 4%, în timp ce participarea $c$ a crescut cu 5,9%. Reducerea participării $C_p^t$ se datorează „degazării" țițeiurilor de-a lungul timpului de exploatare (33 de ani între cele două grupe de analize). Prin „degazarea" țițeiurilor a scăzut și participarea distilatului pînă la 200°C, cu aproximativ 9%.

Participarea $C_A^t$ aproape că nu a variat, în timp ce corelatul cu el, indicele $r$ al rășinii + asfaltenelor, a crescut cu 5,38%; de altfel „dezasfaltarea" țițeiului la analizele „de azi" (tab. 2) indică variații în mărimea randamentelor, îndeosebi la fracțiunile 300—500°C. Creșterea mărimii indicelui de calitate $r$, a atras pentru țițeiurile „de azi" atributul de „rășinos", față de „slab rășinos" cum erau țițeiurile „inițiale".

În ceea ce privește indicele structural $C_N^t$ el crește cu 4,35% la țițeiurile „de azi". Scăderea $C_p^t$ sub 72%, concomitent cu creșterea $C_N^t$ și menținîndu-se relația $C_p^t > C_N^t$ a adus pentru țițeiurile „de azi" integrarea lor în clasa țițeiurilor parafin-naftenice.

Modificările produse în structura chimică pot fi considerate ca o consecință a modificării condițiilor de zăcămînt, îndeosebi variația intensă a presiunii, care a determinat și variația volumului, situații ce au generat transformările chimice din sistemul hidrocarburilor lichide analizate.

Exploatarea zăcămîntului a dus, pe de o parte, la reducerea proporției de hidrocarburi parafinice, care, avînd viscozitatea cea mai scăzută, deci mobilitate ridicată, au părăsit zăcămîntul în mod preferențial, îndeosebi cele cu mase moleculare mai mici. Parafinele cu masă moleculară ridicată, componenți ai cerii, avînd mobilitate ceva mai redusă, au crescut ca proporție, ducînd la creșterea indicelui $c$.

Pe de altă parte, compușii cu caracter asfaltic (rășini + asfaltene), puternic adsorbiți, cu mobilitate redusă, au dus la creșterea indicelui $r$.

În concluzie, după 33 de ani de exploatare, țițeiul meoțian din structura Bucșani și-a modificat substanțial componența structurală și deci și parametrii utilizați în ecuațiile de mișcare, printre care cel mai utilizat — viscozitatea, care a crescut pentru că a crescut participarea indicelui de calitate $r$, al rășini + asfaltenelor. Reducerea indicelui de calitate $d$ — distilat pînă la 200°C — atrage [3; 4] și reducerea rației de soluție $r$, din diagrama $p$, $V$, $T$, reducerea rației de soluție privind de mobilitate țițeiurile, în condiții de zăcămînt.

Un alt exemplu de modificare structurală, în procesul de exploatare pe seama energiei proprii, dar pentru un țiței din clasa naften-aromatică, este țițeiul din meoțianul structurii Moșoaia (tab. 3), aparținînd grupei neceros, rășinos, nesulfuros. După criteriile transformării energetice [4] este un țiței din grupa $B$, a sistemelor slab transformate, țiței care avea o rație inițială de soluție $r_0 = 35$ m$^3_N$/m$^3$, s-a aflat la o temperatură de zăcămînt de 35°C, țițeiul fiind nesaturat cu gaze. Zăcămîntul, după o scurtă perioadă elastică slab eficientă, a lucrat în principal în regimul gazelor dizolvate și acesta slab eficient [3] din cauza rației de soluție deosebit de modestă și — ca atare — și factorul de extracție a fost slab, pentru

*Tabelul 3*

| Sonda nr. | Anul analizei | Starea țițeiului | Densitatea țițeiului | Cloruri, g/kg | Indici structurali | | | Indici de calitate | | | | Clasa | Grupa | Asfaltene, % | Zăcămîntul meoțian la |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $C_p^t$ | $C_N^t$ | $C_A^t$ | $c$ | $r$ | $d$ | $s$ | | | | |
| 194 | 1960 | N | — | — | 49 | 34 | 17 | 0 | 18 | 24 | 0,37 | NA | NCRNS | | |
| 333b | 1988 | N | 0,9197 | 0,0637 | 44 | 39,1 | 16,9 | 1,2 | 28,4 | 14,20 | 0,49 | NA | NCAsNS | 3,91 | Moșoaia |
| 581 | 1988 | C | 0,9324 | 0,0627 | 42,9 | 40,6 | 16,5 | 1,1 | 31 | 17,80 | 0,47 | NA | NCAsNS | 6,14 | |
| 560 | 1988 | N | 0,9395 | 0,0624 | 43,9 | 41 | 15,1 | 1,6 | 24,3 | 2 | 0,48 | NA | NCRNS | 3,41 | Otești |
| 456 | 1988 | C | 094,83 | 0,0616 | 43,7 | 42,7 | 13,6 | 1,4 | 26,3 | 3,30 | 0,39 | NA | NCAsNS | 3,71 | |

N — neinfluențat de combustie; C — influențat de combustie; NC — neceros; NS — nesulfuros; R — rășinos; As — asfaltos

care rațiune zăcămîntul a fost trecut în combustie subterană.

După 28 de ani de exploatare primară (tab. 3) se observă modificări structurale asupra țițeiului din meoțianul structurii Moșoaia. Degazarea țițeiului, la fel ca la Bucșani, a dus la reducerea $C_p^t$, la descreșterea mărimii indicelui de calitate $d$. Indicele structural $C_N^t$ a crescut, în timp ce $C_A^t$ a rămas aproape constant. Indicele de calitate $c$ a crescut, conținutul de rășini + asfaltene a crescut în mod deosebit, aducînd țițeiului „de azi" atributul de asfaltos. Țițeiul nu a schimbat clasa pentru că diapazonul de variație a energiei în zăcămînt a fost net mai modest față de starea de la Bucșani.

Se regăsesc transformările prezentate pe larg la Bucșani, ceea ce pune în evidență legitățile transformării materiei — țițeiurilor — sub imperiul variației parametrilor ecuației fundamentale a energiei.

Să urmărim în continuare modificările structurale suferite de țițeiuri în procesul combustiei subterane. Să analizăm în paralel și să comparăm situațiile din zăcămintele Moșoaia și Otești (tab. 3—6). Între cele două țițeiuri, neinfluențate de combustie (tab. 3), sînt deosebiri structurale generate de conținutul mai crescut de $C_N^t$ la Otești, dar mai redus de $C_A^t$, conținutul de ceruri mai ridicat la Otești, dar mai redus de rășini + asfaltene și îndeosebi participarea fracțiunilor de pînă la 200°C — indicele de calitate $d$.

Supuse procesului de investigare structurală, cele două sisteme de hidrocarburi — Moșoaia și Otești — încep să se diferențieze atît la probele neinfluențate de combustie, cît și la cele influențate de combustia subterană. La ambele țițeiuri, pentru fracțiunile inferioare prin combustionare, a crescut participarea indicelui $d$, numai că creșterea la Otești este mai mare procentual.

În procesul de combustie, datorită temperaturilor ridicate, au loc reacții de cracare a compușilor cu masă moleculară ridicată și instabili termic, formîndu-se produse cu masă moleculară mică, de tipul benzinelor. Aceștia duc la creșterea proporției de distilat pînă la 200°C, fapt evident în cazul ambelor țițeiuri. Proporția de produse ușoare formate depinde de o serie de parametri, cum ar fi: proporția de compuși termolabili și structura lor în zona cu temperaturi de peste 300°C, prezența anumitor elemente chimice și minerale ce pot avea efect catalitic, presiunea, durata încălzirii [5; 6; 7].

Existența reacțiilor de cracare a fost confirmată de prezența unor proporții de 1—2% olefine în fracțiunile înguste de benzină.

*Tabelul 4*

| Fracțiunea | Intervalul de fierbere, °C | Țițeiurile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $M_N$ | $M_C$ | $O_N$ | $O_C$ |
| 1 | i — 60 | — | — | — | — |
| 2 | 60 — 95 | 1,93 | 2,27 | — | — |
| 3 | 95 — 122 | 2,72 | 3,51 | 2,01 | 3,34 |
| 4 | 122 — 150 | 3,56 | 4,15 | — | — |
| 5 | 150 — 200 | 5,97 | 7,62 | — | — |
| Total fracțiuni inferioare | | 14,18 | 17,76 | 2,01 | 3,34 |
| 6 | 200 — 250 | 7,72 | 7,76 | 7,49 | 4,52 |
| 7 | 250 — 300 | 8,03 | 7,50 | 9,95 | 9,04 |
| Total fracțiuni medii | | 15,75 | 15,26 | 17,44 | 13,56 |
| 8 | 300 — 350 | 5,49 | 4,79 | 5,91 | 7,19 |
| 9 | 350 — 400 | 7,60 | 7,01 | 9,96 | 9,48 |
| 10 | 400 — 450 | 8,03 | 4,61 | 9,17 | 8,61 |
| 11 | 450 — 500 | 8,45 | 8,11 | 11,41 | 11,78 |
| Total fracțiuni superioare | | 29,57 | 24,52 | 36,48 | 37,06 |
| 12 | ulei rezidual | 12,04 | 11,43 | 19,72 | 19,69 |
| 13 | rășini + asfaltene | 28,45 | 31,03 | 24,33 | 26,31 |

*Tabelul 5*

**Compoziția benzinei totale** ($i$ = 200 °C)

| Țițeiul | $C_p^t$ | $C_N^t$ | $C_A^t$ |
|---|---|---|---|
| $M_N$ | 26,5 | 66,3 | 7,2 |
| $M_C$ | 21,1 | 69,4 | 9,5 |
| $O_N$ | 41,3 | 53,7 | 5 |
| $O_C$ | 26,3 | 71,2 | 2,5 |

*Tabelul 6*

**Compoziția fracțiunilor exprimată prin distribuția carbonului în structurii, %**

| Țițeiuri | Indici structurali | Intervale de fierbere, °C: Clasa $i-200$ | 200—250 | 250—300 | 300—350 | 350—400 | 400—450 | 450—500 | peste 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_N$ | $C_P^i$ | 47,8 | 43,2 | 38,8 | 42,1 | 42,2 | 40,5 | 40,9 | 50 |
| | $C_N^i$ | 47,1 | 40,2 | 38,1 | 38,4 | 35,1 | 40,1 | 41,4 | 32,2 |
| | $C_A^i$ | 51,1 | 16,0 | 23,1 | 21,6 | 22,7 | 19,1 | 17,7 | 17,8 |
| $M_C$ | $C_P^i$ | 44 | 38,7 | 39,6 | 40,7 | 41,4 | 42,6 | 41,4 | 49,5 |
| | $C_N^i$ | 49,2 | 42,5 | 35,1 | 35,6 | 37,5 | 38,5 | 42,9 | 32,9 |
| | $C_A^i$ | 6,8 | 18,8 | 25,3 | 23,6 | 21,1 | 18,9 | 15,7 | 17,6 |
| $O_N$ | $C_P^i$ | 58,3 | 37,5 | 41,8 | 45,6 | 49,3 | 46,2 | 38,1 | 45,1 |
| | $C_N^i$ | 38,2 | 56,4 | 46,4 | 34,1 | 28,6 | 35,6 | 48,3 | 39 |
| | $C_A^i$ | 3,5 | 6,1 | 11,8 | 20,3 | 22 | 18,2 | 13,6 | 15,9 |
| $O_C$ | $C_P^i$ | 47,7 | 38,8 | 38,8 | 45,5 | 48,4 | 39,1 | 40,9 | 47,1 |
| | $C_N^i$ | 50,5 | 54,3 | 48,2 | 37,5 | 32,7 | 46,1 | 45 | 39,5 |
| | $C_A^i$ | 1,8 | 6,9 | 13 | 17 | 18,8 | 13,8 | 14,1 | 13,4 |

Numărul mediu de cicluri în moleculă

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_N$ | $R_T$ | 1,81 | | 2,07 | 2,59 | 3,51 | 4,36 | 7,39 | |
| | $R_A$ | 0,58 | | 0,74 | 0,83 | 0,88 | 1 | 1,94 | |
| | $R_N$ | 1,12 | 1,23 | 1,33 | 1,76 | 2,63 | 3,36 | 5,45 | |
| $M_C$ | $R_T$ | 1,5 | 1,77 | 2,19 | 2,63 | 3,36 | 4,35 | 7 | |
| | $R_A$ | 0,41 | 0,64 | 0,73 | 0,77 | 0,87 | 0,9 | 1,81 | |
| | $R_N$ | 1,09 | 1,13 | 1,46 | 1,86 | 2,49 | 3,45 | 5,19 | |
| $O_N$ | $R_T$ | 1,32 | 1,72 | 2,03 | 2,32 | 3,16 | 4,42 | 6,11 | |
| | $R_A$ | 0,13 | 0,3 | 0,64 | 0,84 | 0,85 | 0,74 | 1,31 | |
| | $R_N$ | 1,19 | 1,42 | 1,39 | 1,48 | 2,31 | 3,68 | 4,8 | |
| $O_C$ | $R_T$ | 1,8 | | 2,05 | 2,37 | 3,53 | 4,27 | 6,86 | |
| | $R_A$ | 0,45 | 0,32 | 0,53 | 0,71 | 0,61 | 0,78 | 1,27 | |
| | $R_N$ | 1,35 | 1,48 | 1,52 | 1,66 | 2,92 | 3,49 | 5,59 | |

La fracțiunile medii proporția rămîne aproximativ constantă la Moșoaia și scade la Otești, pe cînd proporția fracțiunilor grele scade la Moșoaia și rămîne aproximativ constantă la Otești. Se observă însă, în ambele cazuri, că proporția fracțiunilor medii + fracțiunile superioare este mai mică în cazul țițeiurilor combustionate cu circa 5% și respectiv circa 3%. Acceptînd ipoteza existenței reacțiilor de craCare, este greu de stabilit compușii ale căror fracțiuni (medii sau superioare) vor suferi transformări. Se poate presupune că în cazul țițeiului Moșoaia s-a cracat o proporție mai mare din compușii fracțiunilor superioare, iar în cazul țițeiurilor Otești o proporție mai mare din compușii fracțiunilor medii, funcție de condițiile locale ale proceselor de combustie subterană.

La ulei rezidual, proporțiile sînt aproximativ egale pentru țițeiurile necombustionate și combustionate. Ușoara scădere în cazul țițeiului Moșoaia este nesemnificativă.

Proporția de rășini + asfaltene crește pentru ambele țițeiuri în urma combustiei, ceea ce poate fi considerat normal. Este știut că sub influența temperaturilor ridicate hidrocarburile diferitelor clase se comportă diferit: parafinele se rup, formînd compuși cu masă moleculară mai mică, iar naftenele pot suferi ruperi ale ciclului transformîndu-se de asemenea, în compuși ușori, dar, în proporție redusă, se pot transforma în aromatice prin dehidrogenare. Aromaticele, sub influența temperaturii, suferă reacții de condensare, ducînd la formarea de compuși policondensați de tipul rășinilor și asfaltenelor. Numai o proporție extrem de mică de hidrocarburi aromatice se transformă în produși ușori. Această comportare face ca temperaturile ridicate, pe lîngă creșterea proporției de fracții ușoare, să conducă și la creșterea proporției de rășini + asfaltene. De altfel, din datele tabelului 4, este ușor de observat că scăderea proporției de fracții medii + superioare a dus la creșterea proporțiilor de fracții ușoare și a fracției de rășini + asfaltene.

Sintetizînd, putem spune că diferențierile la probele neinfluențate se datorează condițiilor

de geneză, aceste diferenţieri generînd influenţe structurale şi în probele combustionate, la care diferenţieri îşi exercită influenţa timpul şi regimul tehnologic al proceselor de combustie subterană [5; 6; 7; 8]. Aceste cauze le găsim şi în comportarea din tabelul 5, unde se analizează în detaliu compoziţia benzinei totale. În fracţiunile înguste de benzina, provenite din ţiţeiurile influenţate de procesul de combustie, au fost decelate, aşa cum s-a menţionat, şi proporţii de 1—2% olefine, care în tabelul 5 au fost incluse în grupa $C_p^t$.

Distribuţia carbonului în structuri (tab. 6) pune în evidenţă transformările generate de procesul de combustie subterană. Pentru fracţiunile inferioare, combustionarea generează reducerea participării $C_p^t$, creşterea participării $C_N^t$ mai intensă la ţiţeiul de Oteşti, iar la $C_A^t$ situaţia este discrepantă, creşte la ţiţeiul de Moşoaia şi scade la ţiţeiul de Oteşti. Această comportare a indicelui structural $C_A^t$ nu are o explicaţie, putînd fi posibilă şi o „insuficienţă" în analiză, la ultima probă.

În ceea ce priveşte indicii structurali ai fracţiunilor, aceştia prezintă variaţii relativ mici, constatîndu-se însă pentru ambele ţiţeiuri tendinţa de scădere a $C_p^t$ şi de creştere a $C_N^t$ la toate fracţiunile, cu mici excepţii, care se impun a mai fi investigate. La unele din fracţiunile grele se constată o scădere a $C_A^t$ la ţiţeiul combustionat, faţă de cel necombustionat. Această comportare poate fi explicată prin natura produşilor formaţi în urma reacţiilor termice de policondensare, îndeosebi pe seama presiunii.

Aceşti produşi puternic polari, cu masă moleculară şi viscozitate ridicate, sînt puternic adsorbiţi şi absorbiţi de montmorillonitele [7] din roci. Acest fapt, că şi mobilitatea lor redusă, la care se adaugă solubilitatea redusă în hidrocarburile uşoare, pot duce la scăderea proporţiei de $C_A^t$ în fracţiunea respectivă. Este de remarcat că, în general, şi numărul mediu de cicluri aromatice în molecula $R_A$ scade la fracţiunile cu temperatură de fierbere peste 400°C.

Aceeaşi comportare o prezintă şi numărul mediu de cicluri naftenice în moleculă $R_N$. În ceea ce priveşte proporţia de carboni în structuri naftenice, $C_N^t$ prezintă, în general, o creştere pe tot intervalul de fierbere, creştere ce poate fi pusă pe seama modificării proporţiilor relative între clasele de hidrocarburi. Această modificare se produce ca urmare a reacţiilor de descompunere a hidrocarburilor parafinice şi de policondensare a nucleelor aromatice.

În concluzie, se poate spune că în cursul procesului de combustie subterană ţiţeiul suferă o serie de transformări, avînd drept urmare o creştere a proporţiei de fracţii uşoare, în detrimentul celor medii şi grele, ca şi o creştere a proporţiei de compuşi cu caracter asfaltic. În compoziţia fracţiunilor uşoare se remarcă apariţia unor proporţii mici de compuşi cu caracter nesaturat. Totodată, la majoritatea fracţiunilor medii se constată o creştere a conţinutului de $C_A^t$ şi a numărului de $R_A$. La fracţiunile foarte grele se observă o uşoară diminuare a carbonului în structuri aromatice. Aceste transformări nu sînt atît de intense încît să conducă la trecerea ţiţeiului în altă clasă, produc însă modificări însemnate în comportarea ţiţeiului în timpul prelucrării şi în procesul de exploatare.

O observaţie importantă care nu a fost încă studiată cantitativ este aceea a apariţiei unor emulsii extrem de stabile în cazul ţiţeiurilor combustionate. Se poate presupune că prezenţa oxigenului şi a temperaturilor ridicate duce la formarea unor compuşi oxigenaţi cu caracteristici tensioactive ce acţionează ca stabilizatori ai emulsiilor. În plus, creşterea proporţiei de răşini şi asfaltene, cunoscute ca stabilizatori ai emulsiilor, poate favoriza acest fenomen. Formarea emulsiilor stabile a fost abordată şi în lucrarea [8].

Concluzionînd final, se poate afirma că în procesele de exploatare ţiţeiurile îşi modifică alcătuirea structurală.

**Bibliografie**


[1] Creangă, C. et al. *Les pétroles bruts roumains dans la classification Carpatica*, Revue de Chimie, tome VII, nr. 1, 1962.

[2] Murgulescu, G. I., Vlaicu, R. *Introducere în chimia fizică*. Vol. III, Ed. Academiei R.S.R., Bucureşti, 1982.

[3] Părcălăbescu, D. I. *Proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.

[4] Părcălăbescu, D. I., Ismailov, K. K. *Prognozarea stărilor de agregare ale sistemelor de hidrocarburi fluide în procesele de exploatare folosind datele analizelor geochimice şi fizico-chimice*. Mine, Petrol şi Gaze, **36**, nr. 9, 1985.

[5] Părcălăbescu, D. I. *Asupra compoziţiei chimico-structurale a cocsurilor obţinute în laborator din ţiţeiurile structurii Moreni-Gura Ocniţei*. Mine, Petrol şi Gaze, **37**, nr. 8, 1986.

[6] Părcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Asupra compoziţiei chimico-structurale a cocsurilor obţinute în laborator din ţiţeiurile unor zăcăminte exploatate prin combustie subterană*. Mine, Petrol şi Gaze, **37**, nr. 11, 1986.

[7] Părcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Modificări apărute în mediul solid poros-permeabil în procesul combustiei subterane în zăcămîntul de la Suplacu de Barcău*. Mine, Petrol şi Gaze, **37**, nr. 12, 1986.

[8] Părcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Modificări ale sistemului de hidrocarburi în combustia subterană*. Mine, Petrol şi Gaze, **39**, nr. 7, 1988.

# EMIL DOMIDE

La 22 ianuarie 1989 s-a stins din viață inginerul de mine **Emil Domide.** Născut la 4 noiembrie 1917 în comuna Șanț din județul Bistrița-Năsăud, după absolvirea școlii primare în comuna natală, urmează Liceul „Alexandru Odobescu" din Bistrița, pe care îl absolvă în anul 1934. În anul 1939 absolvă cursurile Școlii de ofițeri de geniu. Urmează apoi cursurile Facultății de Mine și Metalurgie a Școlii Politehnice din Timișoara, pe care le încheie în anul 1945. În noiembrie 1945 se încadrează la Trustul minier Banat din Anina, unde — aproape zece ani — a îndeplinit succesiv funcțiile de inginer de mină și șef serviciu tehnic și geodezic, obținînd rezultate foarte bune de la începutul activității sale profesionale.

De numele inginerului Emil Domide este legată refacerea puțului minei Anina, de 1 000 m adîncime, lucrare care a pus probleme deosebite din punct de vedere topografic, pentru asigurarea verticalității.

Datorită competenței sale profesionale și rezultatelor obținute în activitatea desfășurată în cadrul Trustului minier Banat, în anul 1955 a fost promovat în minister, unde a ocupat funcțiile de șef serviciu topografic, șef oficiu topografic și șef serviciu tehnologic-topografic, pînă în anul 1980, cînd s-a retras pentru o binemeritată odihnă, de care însă s-a bucurat prea puțin.

În cadrul Ministerului Minelor, dintre multiplele preocupări ale inginerului Emil Domide este de subliniat — în mod cu totul deosebit — organizarea fondului topografic în unitățile miniere, acțiune vastă și de mare importanță pentru industria extractivă minieră.

Atras de activitatea practică, îndrumă și participă efectiv la executarea lucrărilor topografice necesare executării unor construcții miniere ca: săparea tunelului pentru transportul minereului de la mina Leșu Ursului din cadrul Combinatului Minier Gura Humorului; săparea puțului de la mina Cavnic a Centralei Minereurilor Baia Mare; săparea galeriilor de aducțiune și de fugă de la hidrocentrala de pe rîul Argeș; adîncirea puțului de extracție al minei Altîn Tepe din cadrul Întreprinderii miniere Dobrogea.

A participat la mai multe consfătuiri pe teme de topografie minieră, organizate în țările socialiste.

În anul 1972 prezintă, la Ostrava, o expunere privind realizarea a două noi aparate optice pentru executarea unor lucrări speciale de topografie minieră. Unul dintre aparate permite controlul, cu înaltă precizie, a firului cu plumb utilizat în transmiterea coordonatelor la săparea puțurilor de mină. Al doilea aparat realizează controlul permanent al direcției lucrărilor miniere orizontale, aflate în curs de săpare.

Pentru rezultatele obținute în activitatea profesională a fost distins cu Ordinul Muncii și Steaua Republicii Socialiste România.

Activitatea neobosită, modestia și dragostea față de colaboratori, ale celui care a fost inginerul **Emil Domide,** fac ca toți cei cu care a lucrat și care l-au cunoscut să-i poarte o neștearsă amintire.



MAGYAR ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

QUARTZ GRANULES - I

1. Quality:
   $SiO_2$ - min. 96%
   $Fe_2O_3$ - max. 0,5%
   granulation - 0,5-3 mm, 5% tolerance
2. Use: water treatment and filtering plants
3. Packing: paper bags contained in polyethylene bags of cca 50 kg

QUARTZ GRANULES - II

1. Quality:
   $SiO_2$ - min. 98,5%
   $Fe_2O_3$ - max. 0,3%
   granulation 1. 0,5-2 mm
   0,5-3 mm
   2. 4-9 mm
   3. 9-15 mm
2. Use: the chemical and metalworking industry
3. Packing: paper bags contained in polyethylene bags

MICA POWDER

1. Quality:
   $SiO_2$ - max. 48%
   $Fe_2O_3$ - max. 4,2%
   humidity - 1% at loading
   granulation - 2 mm sieve residue, max. 2%
2. Use: welding electrodes production
3. Packing: 15 20 kg labelled paper bags

MICRONIZED ALABASTER

1. Quality:
   $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ - min. 98%
   $Fe_2O_3$ - max. 0,1%
   $Al_2O_3$ - max. 0,1%
   finess of grinding: +0,04 - max. 0,1%
   degree of whiteness - min. 88,5%
2. Use: varnish, paint, abrasive material and glassware industry
3. Packing: 50 kg paper bags contained in polyethylene bags

GROUND FELDSPAR

1. Quality: 1st grade 2nd grade

| 1. Quality: | 1 st gr. | 2nd gr. | 3rd grade |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 69,48% | 68,55% | 70,73% |
| $Al_2O_3$ | 17,20% | 16,56% | 16,25% |
| $Fe_2O_3$ | 0,21% | 0,38% | 0,42% |
| CaO | 0,89% | 0,95% | 1,26% |
| MgO | 0,55% | 0,55% | 0,75% |
| $K_2O$ | 3,52% | 3,25% | 3,65% |
| $Na_2O$ | 6,15% | 6,05% | 5,15% |
| Calcination losses: | 0,46% | 0,65% | 0,65% |
| Granulation: 0,09 mm sieve residue: | 52% | 46% | 36% |

2. Use: the glassware and ceramic industry
2. Packing: paper bags of 50 kg

# THE MINING MINISTRY

## THE CENTRAL FOR SALT AND NON-METALLIC MINERALS BUCHAREST

CSNB

CENTRALA SARII SI NEMETALIFERELOR

BUCURESTI - ROMANIA, CALEA VICTORIEI 220, SECTOR 1

# centrul de calcul si lucrari auxiliare

CCLA, Bucureşti, str. Biserica Amzei nr. 23, telefon 597060

Realizează pentru beneficiarii din ramura extractivă o gamă variată de lucrări prin:

ACTIVITATEA DE INFORMATICA

- Proiectare şi implementare de produse informatice în domeniile: foraj sonde; producţie ţiţei şi gaze; distribuţie gaze; aprovizionare-desfacere, financiar-contabilitate, personal, retribuire şi altele.
- Exploatare curentă a produselor informatice pentru beneficiarii din sistem.

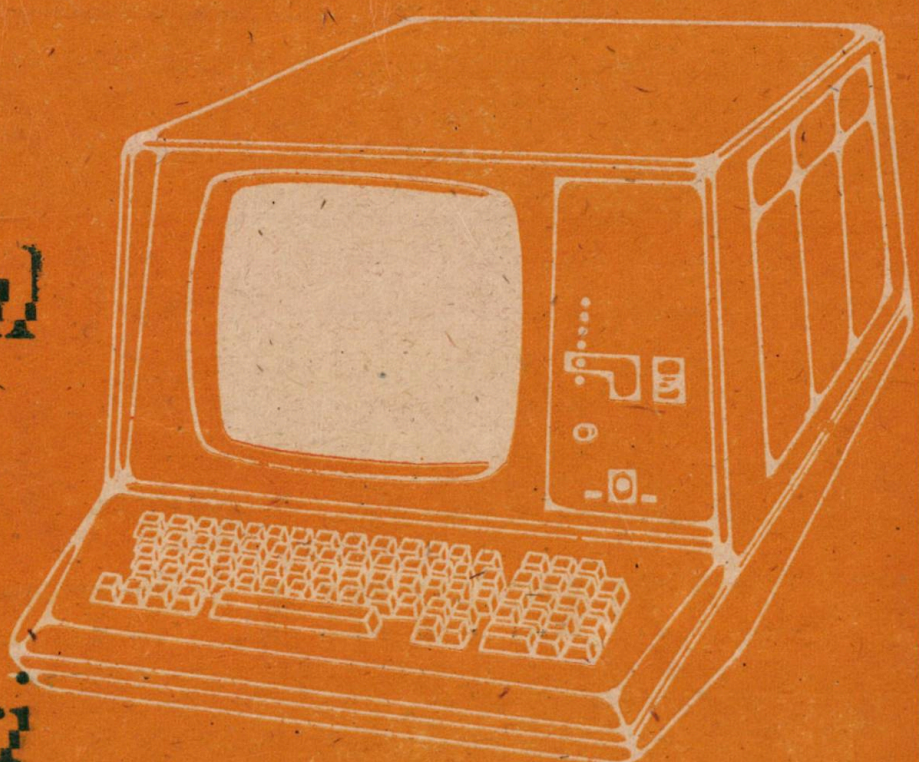
ACTIVITATEA INDUSTRIALA

- Produce pentru instalaţiile şi utilajele din industria petrolieră o gamă diversificată de articole tehnice din cauciuc - pentru majoritatea acestora fiind singurul furnizor din economie care răspunde cerinţelor tuturor unităţilor din sectorul de petrol şi gaze.

ACTIVITATI AUXILIARE

- Machete pentru obiective de investiţii şi tehnologii de producţie pentru industria extractivă de petrol şi gaze, lucrări de editare şi tehnoredactare, tipărire şi legătorie etc.

centrul de calcul si lucrari auxiliare



centrul de calcul si lucrari auxiliare

E 1445

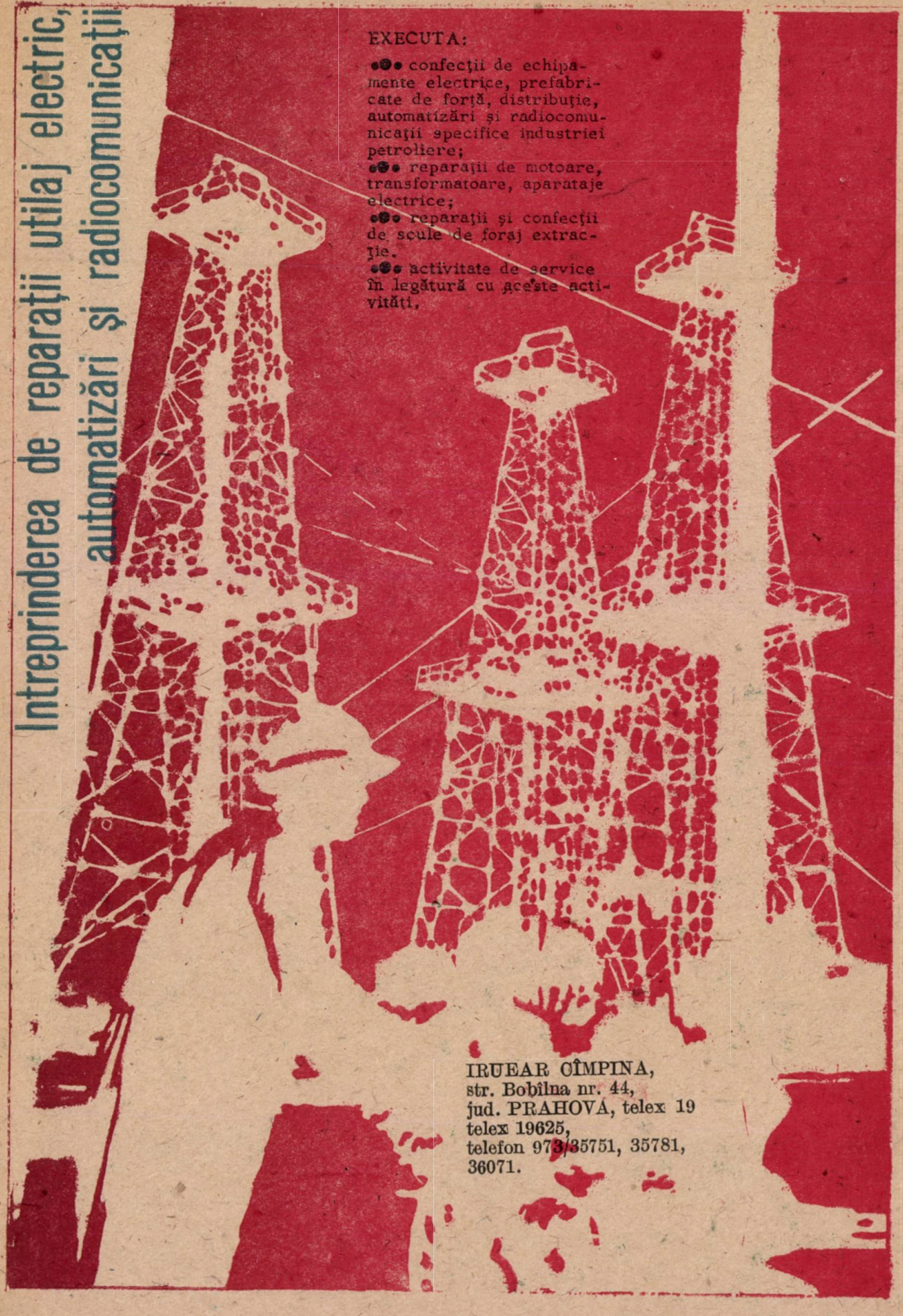
# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 40 mai 1989 5

# Intreprinderea de reparaţii utilaj electric, automatizări şi radiocomunicaţii

EXECUTA:

- confecţii de echipamente electrice, prefabricate de forţă, distribuţie, automatizări şi radiocomunicaţii specifice industriei petroliere;
- reparaţii de motoare, transformatoare, aparataje electrice;
- reparaţii şi confecţii de scule de foraj extracţie.
- activitate de service în legătură cu aceste activităţi.



IRUEAR CÎMPINA,
str. Bobîlna nr. 44,
jud. PRAHOVA, telex 19
telex 19625,
telefon 973/35751, 35781,
36071.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL
Nr. 5 1989


ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI SZOLGÁLAT

## CUPRINS


*Medveş, E., Nicolescu, C.* **Consideraţii privind interacţiunea dintre rocile din vatra abatajului şi talpa susţinerilor mecanizate în condiţiile minelor de lignit** 201

*Dănescu, I., Rus, V.* **Consideraţii tehnice asupra pierderilor şi diluţiei minereului la metoda de exploatare cu surpare în subetaje** 209

*Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C.* **Studiul susţinerii de formă hexagonală pentru galeriile exploatărilor miniere** 217

*Ulmanu, V., Zecheru, Gh., Drăghici, Gh., Marcu, M., Minescu, M., Ispas, V.* **Cercetări privind construcţia, fabricaţia şi utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu (I)** 224

*Cremenescu, Gh.* **Procedură de identificare parametrică „on-line" a procesului de dislocare** 232

*Pârcălăbescu, D. I., Brebeanu, Gh.* **Asupra compoziţiei chimice a hidrocarburilor lichide din zăcămintele albian — Lebăda şi dogger — Mitrofani** 236

*Simion-Constantinescu, Fl.* **Noutăţi referitoare la procesul de tratare a apei de mare în vederea injecţiei acesteia în zăcământ** 240

**Informaţii**



**COLEGIUL DE REDACŢIE**

Preşedinte: ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; vicepreşedinţi: dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; membri: ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, redactor.


## REZUMATE


C.Z. 622.285 : 622.332

Medveş, E., Nicolescu, C. *Consideraţii privind interacţiunea dintre rocile din vatra abatajului şi talpa susţinerilor mecanizate în condiţiile minelor de lignit*

Se prezintă metodologii de determinare şi corelare a factorilor care concură la problematica interacţiunii dintre roca din vatră şi susţinere, precum şi rezultatele cercetărilor efectuate în laborator, în vederea corelării dintre forma tălpii susţinerii şi gradul de tensionare a rocilor din vatră, în scopul optimizării formei tălpii şi al micşorării gradului de penetrabilitate.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.274.53

Dănescu, I., Rus, V. *Consideraţii tehnice asupra pierderilor şi diluţiei minereului la metoda de exploatare cu surpare în subetaje*

Sînt expuse principalele surse ale diluţiei, precum şi măsurile de reducere a acesteia la evacuarea minereului de la nivelul subetajului, factorii de influenţă ai pierderilor de minereu, cuantificarea pierderilor în funcţie de principalii parametri ai metodei de exploatare şi măsurile propuse pentru reducerea pierderilor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.281.5

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studiul susţinerii de formă hexagonală pentru galeriile exploatărilor miniere*

Se prezintă o structură de rezistenţă de formă hexagonală, fără precizarea detaliilor de natură constructivă, structură care poate permite reducerea cu aproximativ 20% a consumului de profil metalic, economie ce este însă gravată de greutatea sporită a elementelor de îmbinare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. ş. a. *Cercetări privind construcţia, fabricaţia şi utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu (I)*

Sînt analizate principalele aspecte şi este expus întregul complex de date tehnice de interes ingineresc privind proiectarea, fabricarea şi exploatarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu. Prima parte a lucrării prezintă caracteristicile constructiv-tehnologice generale ale prăjinilor de foraj din aliaje pe bază de aluminiu şi evidenţiază elementele specifice ale soluţiei constructive adoptate de autori pentru realizarea unor astfel de echipamente petroliere.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.276.001.5

Cremenescu, Gh. *Procedură de identificare parametrică „on-line" a procesului de dislocare*

Autorul analizează o procedură de identificare a tipului de dislocare a rocii şi a modelului matematic corespunzător prin prelucrarea statistică a datelor experimentale ale testului Lubinski.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.323

Pârcălăbescu, I.D., Brebeanu, Gh. *Asupra compoziţiei chimice a hidrocarburilor lichide din zăcămintele albian — Lebăda şi dogger — Mitrofani*

Analizele chimico-structurale specifice hidrocarburilor lichide, prezentate de autori, pun în evidenţă deosebiri structurale între ţiţeiuri şi condensat. Aceste deosebiri sînt atribuite nivelului energiei dezintegrării radionuclizilor din zăcămintele analizate.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.276.43

Simion-Constantinescu, Fl. *Noutăţi referitoare la procesul de tratare a apei de mare în vederea injecţiei acesteia în zăcământ*

Se prezintă principalele surse (neconvenţionale) de ape pentru injecţie, precum şi metodele de condiţionare şi tratare ale acestora. Particularizînd pentru cazul zăcămintelor subacvatice, se descrie o schemă de tratare a apei de mare, în vederea injecţiei acesteia în zăcământ, reliefînd unele aspecte ale problemei ce nu au fost rezolvate pînă în prezent.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

# CONTENTS


C.Z. 622.285 : 622.332

Medveș, E., Nicolescu, C. *Some considerations regarding the interaction between the rocks in the slope floor and the floor-bar of powered supports in lignite mines*

The method used to determine and correlate the factors which contribute to the problems concerning the interaction between the rocks in the floor and the support are presented, as well as the results of research work being done in laboratory, in order to correlate the shape of the support and the tensioning degree of floor rocks, for a better shape of the floor-bar and a smaller degree of penetrability.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.274.53

Dănescu, I., Rus, V. *Some technical considerations concerning the loss and dilution of ore when using the mining method with sublevel caving*

The main causes of dilution are presented, as well as the steps to reduce them when removing the ore at the sublevel, the factors which influence the loss of ore, the loss quantification of losses depending on the main parameters of the mining method and the measures which have been proposed to reduce them.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.281.5

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *A study of the hexagonal shape support for underground roadways*

A resistance structure of hexagonal shape is presented, without pointing out its constructive details, a structure which may lead to a reduction of metal consumption of about 40%, an economy which is taxed by the greater weight of the foining elements.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. et al. *A study concerning the construction, manufacturing and utilization of aluminium alloy drilling rods (I)*

The main aspects and the whole set of technical data regarding the designing, manufacturing and utilization of aluminium alloy drilling rods are analysed. The first part of the study presents the general technological characteristics of aluminium alloy drilling rods and stresses the specific elements of the constructive solution adopted by the authors so that such equipments become a reality.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.276.001.5

Cremenescu, Gh. *A method for the on-line parametric identification of the dislocation process*

The author analyses a method for the identification of the kind of rock dislocation and the corresponding mathematical model, by statistically processing the experimental data of the Lubinski test.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.323

Pârcălăbescu, I. D., Brebeanu, Gh. *On the chemical composition of liquid hydrocarbons in the Lebăda-Albian and Mitrofani—Dogger deposits*

The chemico-structural analyses specific to liquid hydrocarbons, presented by the authors, point out the structural differences between crudes and condensates. The differences are atributed to the level of energy of radionuclides desintegration in the respective deposit.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.276.43

Simion-Constantinescu, Fl. *Some new data concerning the sea water treatment process in order to inject it into a deposit*

The main nonconventional water sources for injection are presented as well as the methods for its conditioning and treatment. In the particular case of subaquatic deposits a possibility to treat the seawater is presented, in order to inject it into the deposit, also describing some aspects of the problems which have not been solved so far.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989


# СОДЕРЖАНИЕ


У.Д.К.622.285: 622.332

Медвеш, Е., Николеску, К. *Соображения о взаимосвязи почвенных пород забоя и основания механизированных крепей в условиях лигнитных шахт*

Представлены методики определения и соотношения факторов взаимосвязи почвенных пород и крепи, а также результаты лабораторных исследований в виду соотношения основания крепи и уровня напряжения почвенных пород в целях оптимизации формы основания и уменьшения проницаемости.

Ключевые слова: почвенные породы, забой, механизированные крепи, лигнитные шахты, исследования, оптимизация,

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

У.Д.К.622.274.53

Дэнеску, И., Рус, В. *Технические соображения о потерях и разубоживании руды при разработке с подэтажным обрушением*

Представлены главные причины разубоживания, а также принятые мероприятия для их сокращения при добыче руды с уровня подэтажа, влияющие факторы на потери руды, квантификация потерь в зависимости от главных параметров метода разработки и предложенные мероприятия для сокращения потерь.

Ключевые слова: потерь, разубоживание, руда, подэтажное обрушение, квантификация, мероприятия.

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

У.Д.К.622.281.53

Петреску, Г. и др. *Изучение крепи шестигранной формы для штреков*

Шредставлена устойчивая структура шестигранной формы, без уточнения конструктивных данных; эта конструкция обеспечивает сокращение на 20% расходов металлического профиля, но повышенный вес соединительных элементов уменьшает эту экономию,

Ключевые слова: крепь, штрек, конструкция, сокращение, металл, уменьшение,

Mine, Petrol și Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

У.Д.К.622.24.053

Улману, В. и др. *Исследования конструкции, изготовления и использования буровых штанг из алюминиевых сплавов* (I)

Анализированы главные виды и целый комплекс технических данных инженерного интереса о проектиро-

вании, изготовлении и эксплуатации буровых штанг из алюминиевых сплавов. Первая часть работы представляет конструктивно-технологические характеристики этого типа штанг и выявляет специфические элементы принятого конструктивного решения для реализации такого нефтяного оборудования.

Ключевые слова: исследования, конструкция, буровые штанги, алюминиевые сплавы, проектирование, характеристики, оборудование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

У.Д.К.622.276.001.5

Кременеску, Г. *Способ параметрической идентификации „on-line" процесса разрушения*

Автор анализирует способ идентификации типа разрушения пород и соответствующей математической модели статистической разработкой экспериментальных данных теста Лубински.

Ключевые слова: способ, идентификация, процесс, разрушение, математическая модель, порода, тест Лубински.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

У.Д.К.622.323

Пыркэлэбеску, И. Д., Бребяну, Г. *О химическом составе жидких углеводородов месторождений альбского яруса — Лебэда — и доггера — Митрофань*

Химико-структурные анализы, специфические для жидких углеводородов выявляют структурные разности между нефтями и конденсатом. Авторы считают, что эти разности относятся уровня энергии дезинтеграции радионуклидов рассмотренных месторождений.

Ключевые слова: химический состав, жидкие углеводороды, анализы, разности, энергия, дезинтеграция.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

У.Д.К.622.276.43

Симион-Константинеску, Ф л. *Новости о процессе обработки морской воды в виду её инъекции в месторождение*

Представлены главные источники (некондиционные) вод для инъекции, а также методы кондиционирования и обработки. Описана схема обработки морской воды в виду её инъекции в месторождение. выявляя некоторые виды вопроса, ещё нерешаемых до сих пор.

Ключевые слова: новость, обработка, морская вода, инъекция, месторождение, кондиционирование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

## INHALT

C.Z. 622.285 : 622.332

Medveş, E., Nicolescu, C. *Betrachtungen über das Zusammenhang zwischen dem Liegendgestein und der Schwelle des mechanischen Ausbaus in Lignitgruben*

Vorgestellt werden Methodologien für die Ermittlung und Korrelierung der Faktoren welche in der Problematik des Zusammenhangs zwischen dem Liegendgestein und dem Ausbau auftreten sowie die Ergebnisse der im Labor erfolgten Untersuchungen für die Anpassung der Form der Ausbauschwelle an den Spannungsgrad des Liegendgesteins, zwecks der Optimierung der Form der Liegendschwelle und Verminderung des Einstanzengrades.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.274.53

Dănescu, I., Rus, V. *Technische Betrachtungen über die Verlusste und die Erzverdünnung bei dem Teilsohlenbruchbau*

Vorgestellt werden die Hauptursachen der Verdünnung, sowie die Massnahmen für ihre Verminderung bei dem Erzauslauf von der betreffenden Teilsohle, die Einflussfaktoren der Erzverlusste, die Quantifizierung der Verlusste in Abhängigkeit von den Hauptkennwerten der Abbaumethode und die für die Verminderung der Verlusste vorgeschlagenen Massnahmen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

C.Z. 622.281.5

Petrescu, Gh. ş. a. *Untersuchung des sechseckigen Streckenaushaus*

Vorgestellt wird ein sechseckiges Widerstandswerk, ohne Angabe der konstruktiven Einzelheiten, welches die Verringerung um etwa 20% des Verbrauches von metallischem Profilstoff erlaubt. Diese Einsparung wird jedoch durch das erhöhte Gewicht der Verbindungselemente beeinträchtigt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. et al. *Forschungen betreffend die Konstruktion, Fertigung und Anwendung der Bohrstangen aus Aluminiumlegierungen (I)*

Überprüft werden die Hauptaspekte und vorgestellt wird das sämtliche Komplex von ingenieur- und verfahrenstechnischen Angaben betreffend die Konstruktion, Fertigung und den Betrieb der Bohrstangen aus Aluminiumlegierungen. Der erste Teil der Arbeit stellt die allgemeinen konstruktiv — technologischen Charakteristiken der Bohrstangen aus Aluminiumlegierungen, vor und zeichnet die spezifischen Elemente der von den Verfassern angewendeten Konstruktionslösung bei der Herstellung von solchen Erdölausrüstungen, aus.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

C.Z. 622.276.001.5

Cremenescu, Gh. *Verfahren für die „on-line" parametrische Identifizierung der Gesteinverschiebung*

Der Verfasser überprüft ein Verfahren für die Identifizierung des Typs von Gesteinverschiebung und des entsprechenden mathematischen Modells durch statistische Verarbeitung der experimentellen Angaben des Testes Lubinski.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

C.Z. 622.323

Pârcălăbescu, I. D., Brebeanu, Gh. *Über die chemische Zusammenstellung der flüssigen Kohlenwasserstoffe aus der albischen Lagerstätte Lebăda und der Doggerlaggerstätte Mitrofani*

Die für die flüssige Kohlenwasserstoffe spezifische chemischstrukturalen Analysen die von den Verfassern vorgestellt werden, zeichnen den strukturalen Unterschied zwischen den Erdölen und dem Kondensat aus. Diese Unterschiede werden dem Pegel der Zerfallenergie der Radionuklide aus den betrachteten Lagerstätten zugeordnet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

---

C.Z. 622.276.43

Simion-Constantinescu, Fl. *Neuigkeiten betreffend die Aufbereitung des Seewassers zwecks der Lagerstätteninjektion*

Vorgestellt werden die wichtigsten (unkonventionellen) Wasserquellen für die Injektion, sowie die Konditionierungs — und Aufbereitungsmethoden. In dem besonderen Fall der

Unterwasserlagerstätten wird eine Methode für die Seewasseraufbereitung zwecks der Lagerstätteninjektion beschrieben, wobei einige bisher ungelösten Aspekte dieses Problems betont werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

## SOMMAIRE

C.Z. 622.285 : 622.332

Medveş, E., Nicolescu, C. *Considérations sur l'interaction entre les roches du carreau de l'abattage et le pied des soutènements marchants dans les conditions des mines de lignite*

On propose des méthodologies de détermination et corrélation des facteurs qui concourrent dans la problématique de l'interaction entre la roche du carreau et le soutènement, de même que les résultats des recherches éffectuées dans des conditions de laboratoire, en vue de la corrélation entre la forme du pied du soutènement et le degré de tensionement des roches du carreau dans le but de l'optimisation de la forme du pied et de la réduction du degré de pénétrabilité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.274.53

Dănescu, I., Rus, V. *Considérations techniques sur les pertes et la dilution du minerais pendant l'application de la méthode d'exploitation par foudroyage par sous-étages*

On expose les principales sources de la dilution, de même que les mesures de réduction de celle-ci pendant l'évacuation du minerais au niveau du sous-étage, les facteurs d'influence des pertes de minerais, la quantification des pertes en fonction des principaux paramètres de la méthode d'exploitation et les mesures proposées en vue de la réduction de ces pertes.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.281.5

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *L'étude du soutènement de forme hexagonale pour les galéries des exploitations minières*

On présente une structure de résistence de forme hexagonale, sans préciser les détails de nature constructive, structure qui peut permettre la rèduction avec environ 20% de la consommation de profile métallique, économie qui est pourtant gravée par le poids plus grand des éléments d'assemblage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989.

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V et al. *Recherche concernant la construction, fabrication et utilisation des tiges de forage en alliages d'aulminium (I)*

On analyse les principaux aspects et on présente tout le complèxe de données d'intérêt technique concernant la projéction, la fabrication et l'exploitation des tiges de forage en alliages d'aluminium. La première partie de l'ouvrage présente les caractéristiques constructives—téchnologiques générales des tiges de forage en alliages d'aluminium et on met en évidence les élements spécifiques de la solution constructive adoptée par les auteurs pour la réalisation de tels équipements pétroliers.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.276.011.5

Cremenescu, Gh. *Procédé d'identification paramétrique „on-line" du processus de dislocation*

L'auteur analyse une procédure d'identification du type de dislocation de la roche et du modèle mathématique afférent par la transformation statistique des données experimentales du teste Lubinski.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.323

Părălăbescu, I. D., Brebeanu, Gh. *Sur la composition chimique des hydrocarbures liquides du gisement albien — Lebăda et dogger — Mitrofani*

Les analyses chimiques-structurales spécifiques aux hydrocarbures liquides, présentées par les auteurs, mettent en évidence des différences structurales entre les pétroles et le condensé. Ces différences sont attribuées au niveau de l'énergie de la désintégration des radionuclydes des gisements analysés.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 5, 1989

C.Z. 622.276.43

Simion-Constantinescu, Fl. *Nouveautés concernant le processus de traitement de l'eau des mers en vue de l'injection de celle-ci dans le gisement*

On présente les principales sources (non-conventionnelles) d'eaux pour injéction, de même que les méthodes de conditionnement et traitement de ceux-ci. Pour le cas spécifique des gisements sous-aquatiques on décrit un schéma de traitement de l'eau marine, en vue de l'injéction de celle-ci dans le gisement, mettant en rélief certains aspects du problème qui n'ont pas été solutionnées jusqu'au présent

Mine, Petrol şi Gaze, vol.40, 5, nr. 1989

**Revista** MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti.

Grafica: A. Socaciu

**Preţul: 13 lei/exemplar**

# Considerații privind interacțiunea dintre rocile din vatra abatajului și talpa susținerilor mecanizate în condițiile minelor de lignit

Ing. E. Medveș și ing. C. Nicolescu
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Introducere

Unul din factorii principali care condiționează buna desfășurare a activității tehnologice într-un abataj frontal echipat cu complexe mecanizate de susținere, tăiere și transport îl constituie modul în care rocile din vatră preiau solicitările generate de talpa susținerilor, respectiv modul de interacțiune dintre rocile din vatră și talpa susținerilor.

Cantitativ, interacțiunea amintită este stabilită de capacitatea portantă a rocilor din vatră și de presiunea specifică realizată de talpa susținerii asupra rocilor din vatră.

Capacitatea portantă a rocilor care alcătuiesc vatra abatajelor reprezintă unul din factorii importanți de care trebuie să se țină seama la proiectarea tehnologiilor de susținere a abatajelor și la alegerea (sau proiectare) tipului de susținere corespunzător.

Se cunoaște faptul că presiunea minieră preluată de susținere este distribuită pe vatra abatajului prin intermediul tălpii acesteia care, în anumite condiții, poate provoca deformarea rocilor cu care este în contact; deformarea poate evolua pînă la distrugerea legăturilor structurale ale rocii, avînd drept consecință pătrunderea progresivă a susținerii în vatră, susținere care creează greutăți mari în buna desfășurare a procesului tehnologic din abataj.

Totodată, capacitatea portantă a rocilor din vatra abatajelor este influențată, în mare măsură, de umiditatea și de factorul timp (reologic), principalii răspunzători de micșorarea caracteristicilor de rezistență inițiale ale rocilor. Ca urmare, orice analiză, din acest punct de vedere, trebuie corelată, în mod obligatoriu, și cu acești factori.

Deoarece fenomenul penetrării rocilor din vatra abatajului este complex și el se implică — uneori decisiv — în asigurarea stabilității abatajelor, respectiv a condițiilor optime de exploatare, considerăm că acesta trebuie să fie permanent în atenția conducătorilor procesului de producție, precum și a specialiștilor care lucrează în cercetarea minieră, pentru aprofundarea aspectelor teoretice și practice ale problemei.

## II. Analiza capacității portante a rocilor din vatra abatajelor minelor de lignit

Problema menținerii echilibrului între rezistența mecanică a rocilor din vatra abatajelor și presiunea minieră transmisă acestora prin intermediul tălpii susținerii, considerăm că trebuie tratată în ultimă instanță ca un caz particular al echilibrului limită al masivului de roci; această problemă preocupă de multă vreme pe specialiștii în mecanica rocilor (Coulomb în 1773, Rankine în 1857, Kotter, Maurice Levy, Prandtl și Reissmer, Karman, Caquot, Felenius, Terzaghi ș.a.).

Pînă în prezent nu s-a găsit încă o rezolvare totală și generală a problemei, pentru soluționarea anumitor cazuri utilizîndu-se ipoteze simplificatoare. Acest fapt se explică prin complexitatea aparatului matematic, prin greutatea înțelegerii complete a fenomenelor fizice care se petrec în interiorul masivului de roci și, mai ales, în greutatea de a cuprinde corect aceste fenomene în relații cantitative.

Penetrarea rocilor se produce atunci cînd capacitatea portantă a rocilor din vatră este depășită de presiunea specifică exercitată de echipamentul de susținere.

Fenomenul evoluează în timp, trecînd prin mai multe etape:

— la început se produce o strivire a rocilor din vatră de către talpa susținerii;

— pe măsură ce solicitarea rocilor crește, apare o umflare și apoi o refulare a rocilor în jurul tălpii;

— cînd solicitarea rocilor din vatră depășește capacitatea portantă a acestora, se produce ruperea și apariția unor suprafețe de alunecare în interiorul masivului de roci.

★

Pentru calculul capacității portante a rocilor, literatura de specialitate menționează mai multe teorii și metode de calcul elaborate de diferiți autori.

Dintre acestea, luînd în considerare ipotezele de calcul avute în vedere, descrierea cît mai completă, din punct de vedere mecanic, a fenomenelor, parametrii fizico-mecanici necesari cît mai accesibili, cît și o probabilitate acceptabilă a relațiilor pentru efectuarea unor calcule inginerești cît mai exacte și rapide, am adoptat metoda de calcul elaborată de Caquot, pentru determinarea capacității portante a rocilor din vatră.

Metoda de calcul are la bază coeficienții de împingere pasivă ai rocii, deduși prin aplicarea formulei lui Prandtl și, prin generalizarea teoriei lui Rankine, se iau în considerare caracteristicile de rezistență ale rocilor și neomogenitatea litologică a acestora.

Capacitatea portantă medie a vetrei, adaptată după Caquot, se obține prin însumarea unui număr de mai multe componente ale reacțiunii rocii la acțiunea tălpii susținerii, și anume :

$c_{p1}$ — rezistența (reacțiunea) pe talpă, datorită părții din masivul de roci situate sub planul orizontal al tălpii :

$$c_{p1} = \gamma \frac{B}{2} \cdot 0{,}192 \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)(e^{4{,}55 \operatorname{tg}\varphi} - 1); \quad (1)$$

$c_{p2}$ — rezistența (reacțiunea) pe tală, datorită coeziunii părții din masiv de sub planul tălpii :

$$c_{p2} = \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}\left[\operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) e^{\pi \operatorname{tg}\varphi} - 1\right]. \quad (2)$$

În cazul în care roca începe să se deformeze plastic și se produce penetrarea, mai intervin :

$c_{p3}$ — componenta datorită greutății rocilor situate deasupra planului de contact vatră-talpă :

$$c_{p3} = \gamma' \cdot t \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) e^{\pi \operatorname{tg}\varphi}(1 + 0{,}32 \operatorname{tg}^2\varphi'); \quad (3)$$

$c_{p4}$ — rezistența (reacțiunea) datorită frecării dintre pereții laterali ai tălpii și roca în care se afundă :

$$c_{p4} = \gamma'' \frac{t^2}{B} \operatorname{tg}\varphi'' \, e^{\frac{19}{30} \operatorname{tg}\varphi''(4 + \operatorname{tg}^{2/3}\varphi'')}; \quad (4)$$

$c_{p5}$ — frecarea pe pereții laterali ai tălpii datorită coeziunii rocilor situate deasupra planului de fundație :

$$c_{p5} = c'' \frac{2t}{B}(1 + \sin\varphi'') e^{\left(\frac{\pi}{2} + \varphi''\right) \operatorname{tg}\varphi''}. \quad (5)$$

În relațiile de mai sus s-a notat cu :

$\gamma$, $\gamma'$ și $\gamma''$ — greutățile volumetrice medii ponderate ale rocilor de sub talpa susținerii din zona de influență $Z$, de deasupra planului de contact vatră-talpă și, respectiv, ale rocii ce se freacă de laterala tălpii ;

$Z$ — zona de influență de sub talpa susținerii, considerată ca fiind egală cu semilungimea tălpii (fig. 1) ;

$B$ — raza medie echivalentă a tălpii susținerii ;

$$B = \frac{A}{p},$$

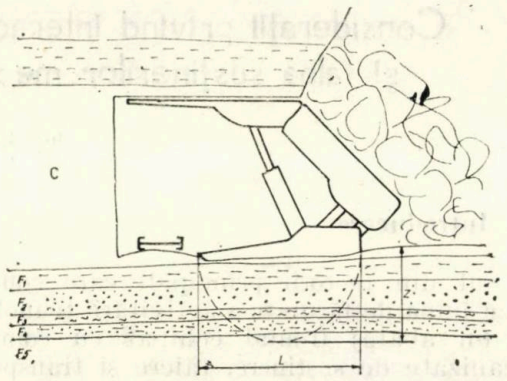



Fig. 1. Zona de influență de sub talpa unei susțineri mecanizate.

unde :

$A$ este aria suprafeței de contact dintre talpă și vatră ;

$p$ — perimetrul suprafeței de contact ;

$\varphi$, $\varphi'$ și $\varphi''$ — unghiurile de frecare interioară medii ponderate a rocilor de sub talpa susținerii, de deasupra planului de contact vatră-talpă și a rocii ce se freacă de laterala tălpii ;

$c$ și $c''$ — coeziunile mediu ponderate ale rocilor de sub talpa susținerii și a rocii care se freacă de laterala tălpii.

Deoarece o bună interacțiune dintre rocile din vatra și talpa susținerii este considerată atunci cînd nu se produce penetrarea, capacitatea portantă critică a vetrei este dată numai de suma primelor două componente :

$$c_{pcr} = c_{p1} + c_{p2} = \gamma \frac{B}{2} \cdot$$

$$\cdot 0{,}192 \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)(e^{4{,}55 \operatorname{tg}\varphi} - 1) +$$

$$+ \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}\left[\operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) e^{\pi \operatorname{tg}\varphi} - 1\right]. \quad (7)$$

Pentru ca rocile din vatra abatajului să nu fie penetrate de o anumită susținere, trebuie îndeplinită condiția :

$$c_{pcr} \cdot k = c_{pad} > p_{sp}, \quad (8)$$

deci, capacitatea portantă admisibilă, care este capacitatea portantă critică înmulțită cu un coeficient de siguranță $k$, trebuie să fie mai mare sau cel puțin egală cu presiunea specifică efectivă exercitată de susținere pe vatră.

Avînd în vedere faptul că în minele de lignit rocile sterile sînt alcătuite, de regulă, din roci argiloase și nisipoase, care au proprietăți mecanice inferioare lignitului, iar capacitatea portantă a acestor roci este destul de scăzută, pentru îmbunătățirea capacității portante a vetrei, de regulă, se menține un banc de cărbune în vatră.

Cunoscînd succesiunea litologică a rocilor din culcușul stratului de cărbune și utilizînd relațiile de calcul prezentate anterior, se poate determina grosimea bancului de cărbune ce trebuie lăsat în vatră, astfel încît să fie satisfăcută condiția : $c_p \geq p_{sp}$.

Deoarece acest calcul este destul de laborios, s-a elaborat un program de calcul pentru utilizarea în acest scop a calculatorului electronic. Programul de calcul permite stabilirea capacității portante a rocilor din vatra abatajelor și corelarea acesteia cu presiunea specifică exercitată de talpa diferitelor tipuri de susținere (stîlpi individuali sau complexe mecanizate), pentru asigurarea condițiilor optime de lucru în abataj. Schema logică a programului este redată în figura 2. Așa cum a fost conceput, programul facilitează calculul capacității portante a vetrei alcătuite din maximum cinci tipuri de roci situate în zona de influență, dimensionarea bancului de cărbune, efectuarea de analize în diverse ipoteze tehnologice de exploatare etc.

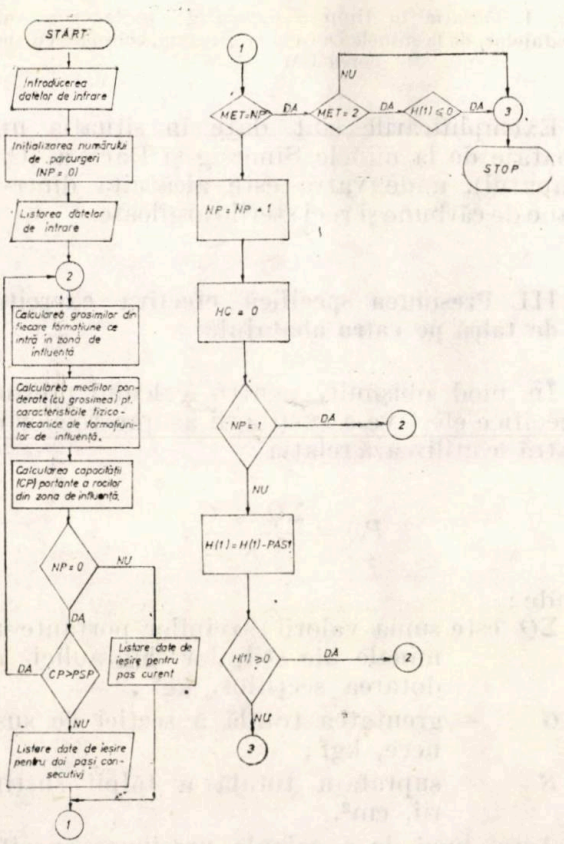



Fig. 2. Schema logică a programului.

1. *Influența umidității asupra capacității portante a vetrei*

Cunoașterea caracteristicilor de rezistență a rocilor în masiv, precum și a modului cum acestea se modifică în prezența apei are o mare importanță în analiza fenomenelor geomecanice din jurul lucrărilor miniere.

În funcție de modificarea umidității și, implicit, a indicelui de consistență $I_c$, rocile argiloase pot trece de la starea de roci tari ($I_c > 1,0$), la starea de roci curgătoare ($I_c < 0$).

Se poate stabili o interdependență între indicele de consistență și caracteristicile de rezistență, respectiv coeziunea și unghiul de frecare interioară, de care — așa cum s-a văzut — depinde capacitatea portantă a rocilor din vatră.

Influența apei asupra consistenței rocii este cu atît mai mare cu cît viteza de înaintare a abatajului este mai redusă.

De asemenea, influența apei provenite din diverse surse depinde de capacitatea de absorbție a rocii în unitatea de timp (viteza de absorbție în $l/m^3 \cdot s$), parametru care trebuie determinat pentru fiecare tip de rocă în parte. Apa absorbită rămîne ca apă liberă în pori și influențează valoarea indicelui de consistență.

Cunoscînd indicele de consistență a rocii în stare naturală (în momentul dezvelirii prin lucrări miniere), viteza de avansare a abatajului (deci timpul cît susținerea stă pe vatră din momentul montării și pînă cînd se mută pe o altă suprafață nou dezvelită), viteza de absorbție a apei de către roca din vatră și cantitatea de apă cu care roca vine în contact, se pot calcula cantitatea de apă absorbită de rocă în timp și indicele de consistență la care se ajunge sub influența apei absorbite.

Cunoscînd toți acești parametri, se pot calcula capacitatea portantă a vetrei în funcție de unghiul de frecare interioară și coeziunea corespunzătoare noilor condiții.

Menționăm că portanța rocilor argiloase are valori corespunzătoare utilizării complexelor mecanizate cînd valoarea indicelui de consistență este mai mare de 0,9. În figura 3 redăm diagrama de variație a capacității portante, funcție de valoarea indicelui de consistență, pentru diverse roci moi des întîlnite în minele de lignit.

2. *Influența factorului reologic asupra capacității portante a vetrei*

Creșterea lentă, în timp, a deformațiilor plastice ale rocilor supuse la solicitări cu valori mai mici decît limita elastică, cît și trecerea treptată a deformațiilor în domeniul deformațiilor plastice sub acțiunea în timp a unei solicitări constante sau variabile, sînt fenomene cunoscute sub denumirea de fenomene reologice

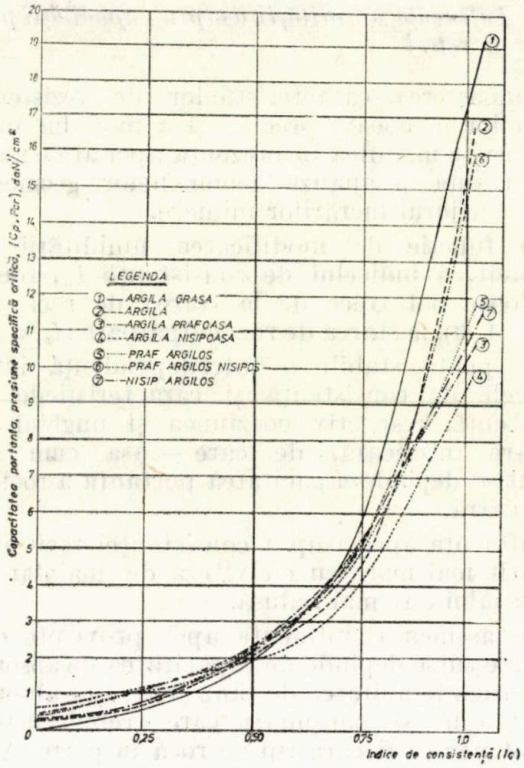



Fig. 3. Variația capacității portante în raport cu indicele de consistență pentru diverse roci.

și caracterizează, în general, toate rocile, indiferent de tăria lor.

În problematica penetrării vetrei de către talpa echipamentelor de susținere, fenomenul reologic are o importanță foarte mare, în sensul că sub acțiunea de lungă durată a tălpii asupra rocilor din vatră, acestea pot să cedeze după un timp oarecare, chiar dacă în prima fază capacitatea portantă a rocii a fost mai mare decît presiunea specifică efectivă transmisă prin talpă.

Pentru o bună corelare a tălpii susținerii cu capacitatea portantă a rocilor din vatra abatajelor, trebuie analizată modificarea caracteristicilor de rezistență ale rocilor din vatră sub acțiunea unor forțe care acționează un timp mai îndelungat, în corelare cu viteza de avansare sau stagnare a frontului de abataj și deci cu perioada cît acționează talpa unei susțineri într-o poziție pe vatră.

Este de remarcat că roca „memorează" toată istoria încărcărilor anterioare, fenomenul de solicitare fiind reluat de unde s-a întrerupt în ciclul anterior de solicitare. Adică, dacă talpa solicită vatra un timp $t_0$ cu o presiune $p_0$, tensiunile din vatră ajungînd la $\sigma_0$, la următorul pas de avansare secția se mută în față, tensionează vatra cu presiunea $p_1$, pe durata de timp $t_1$, tensiunile din talpă ajungînd la valoarea $\sigma_0 + \sigma_1$.

Fenomenul continuă pînă la trecerea tălpii peste zona respectivă.

În funcție de viteza de avansare a abatajului, timpul de solicitare a vetrei poate atinge de la o zi la mai multe zile, mai ales în situațiile cînd avem de-a face cu stagnări de lungă durată în desfășurarea ciclului tehnologic de lucru.

În figura 4 este redată variația capacității portante a vetrei, funcție de factorul timp, cînd asupra ei acționează o talpă cu presiune constantă.

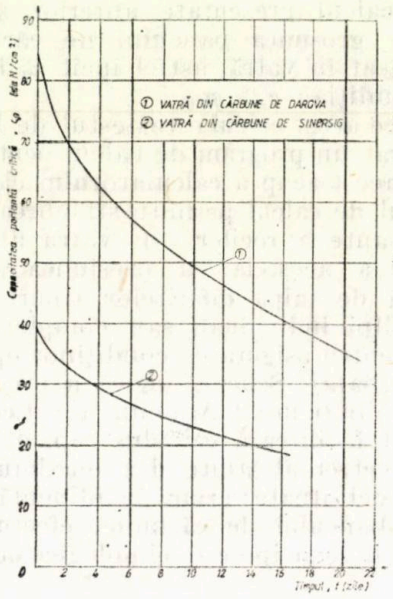



Fig. 4. Variația în timp a capacității portante a vetrei abatajelor, de la minele Darova și Sinersig, echipate cu susținerea CMA—?.

Exemplificările sînt date în situația unor abataje de la minele Sinersig și Darova (C.M. Banatul), unde vatra este alcătuită dintr-un banc de cărbune și roci sterile argiloase.

## III. Presiunea specifică efectivă exercitată de talpă pe vatra abatajului

În mod obișnuit, pentru calculul presiunii specifice efective a susținerii asupra rocilor din vatră se utilizează relația :

$$P_{ef} = \frac{\Sigma Q + G}{S}, \qquad (9)$$

unde :

$\Sigma Q$ este suma valorii sarcinilor portante nominale ale stîlpilor hidraulici din dotarea secțiilor, kgf ;

$G$ — greutatea totală a secției de susținere, kgf ;

$S$ — suprafața totală a tălpii susținerii, cm².

Acest mod de a calcula presiunea specifică nu este satisfăcător, deoarece forțele care se

transmit în vatră, prin intermediul tălpii, nu sînt cele dezvoltate de stilpi, ci cele pe care le exercită tavanul asupra susținerii. Cinematica susținerii, respectiv geometria acesteia, redistribuie forțele generate de rocile din tavan pe talpa susținerii și amprenta tălpii pe vatră nu corespunde, de regulă, cu forma tălpii, suprafața amprentei putînd fi mai mică chiar cu pînă la 50% din suprafața tălpii.

Pentru stabilirea presiunii specifice efective asupra vetrei, considerăm că trebuie făcută o analiză complexă, care să aproximeze cît mai bine, cantitativ și calitativ, acest lucru, avînd în vedere multitudinea factorilor care influențează fenomenul de tensionare a vetrei.

Etapele care trebuie parcurse pentru rezolvarea problemei sînt următoarele.

**a.** Analiza cinematicii susținerii și determinarea forței portante maxime, astfel încît secția să se găsească în stare de echilibru. Valoarea și poziția de aplicare a forței portante maxime se pot determina cu ajutorul programului de calcul automat SUMINA, elaborat de noi, sau prin metodologiile de calcul clasice. Cunoscînd valoarea și poziția forței rezultante pentru orice înălțime de lucru, se stabilește situația cea mai avantajoasă care trebuie reținută pentru calculul presiunii specifice.

**b.** Se determină modul de manifestare și mărimea presiunii miniere din tavanul lucrării, precum și distribuția acesteia pe susținere, calculîndu-se forța rezultantă ca valoare și punct de aplicare.

**c.** Rezultatele de la punctele **a** și **b** se compară între ele și se stabilește direcția de dez-

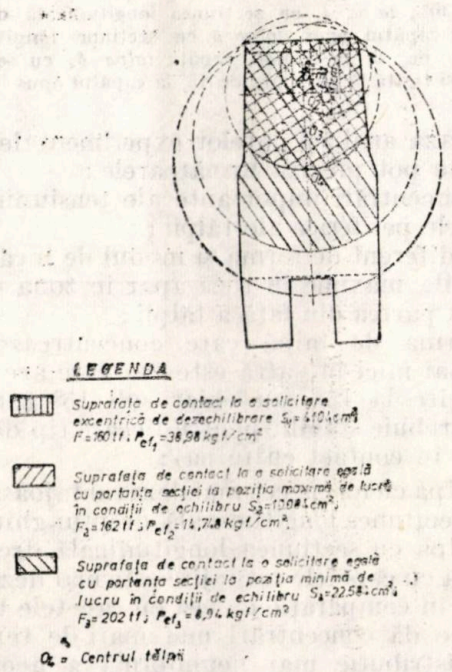



Fig. 5. Determinarea suprafeței de contact talpă-vatră în cazul susținerii CMA—2S.

echilibru a selecției și valoarea momentului de răsturnare.

**d.** Cunoscînd direcția forței rezultante efective și sensul momentului de răsturnare, suprafața de contact reală dintre talpă și vatră se determină trasînd un cerc cu raza egală cu distanța dintre punctul de aplicare a forței și punctul cel mai îndepărtat de pe conturul tălpii în sensul de răsturnare. Suprafața de contact ce trebuie luată în calcul este suprafața comună dintre suprafața totală a tălpii și suprafața cercului astfel construit. Spre exemplificare, în figura 5 prezentăm construcția grafică pentru stabilirea suprafeței de contact talpă-vatră, în cazul susținerii CMA—2 S, la diverse solicitări.

**e.** Valoarea presiunii specifice efective pe vatră, exercitată de secția de susținere, este dată de raportul dintre forța de solicitare rezultantă **b** și suprafața reală de contact determinată ca la punctul **d.**

## IV. Optimizarea formei tălpii susținerilor mecanizate

Pentru a analiza corelarea dintre forma tălpii și gradul de tensionare a vetrei de către aceasta, s-au efectuat o serie de cercetări care au vizat îmbunătățirea formei (geometrice) tălpilor actuale. S-a analizat forma tălpii atît în planul de aplicare a forței, cît și perpendicular pe acesta.

### 1. *Studiul formei transversale a tălpii*

Studiul s-a făcut prin metoda modelării fotoelastice. S-a analizat starea de tensiuni ce apare în materialele optic active, solicitate cu diverse forme de tălpi, în scopul găsirii unei forme cît mai convenabile, astfel încît tensiunile induse de talpă în rocă să fie cît mai uniform repartizate și să aibă valori cît mai mici.

Pentru aceasta s-au confecționat la scară redusă modele de tălpi; în figura 6 sînt redate o parte din acestea.

În standul de modelare, rocile au fost reproduse cu ajutorul gelurilor fotoelastice, similitudinea rocă-gel fiind făcută prin proprietățile elastice ale acestora, respectiv modulele de elasticitate. Asupra gelatinelor s-a acționat prin intermediul modelelor de tălpi prezentate.

Prin similitudine, utilizînd scara modelării, s-a simulat încărcarea litostatică a frontului de cărbune, încărcare care s-a menținut constantă în toate experimentările efectuate. Modelele de tălpi au fost solicitate fiecare în trei moduri:

— solicitare uniform distribuită;

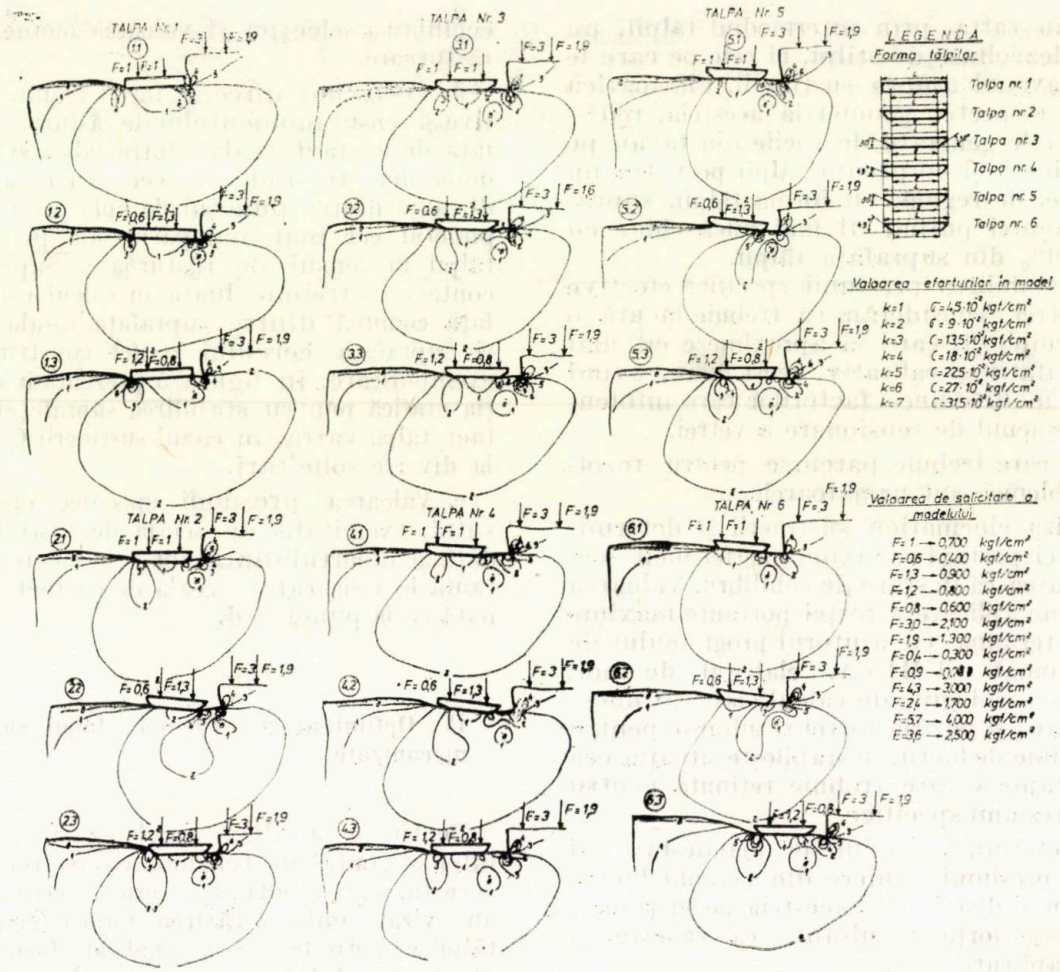



Fig. 6. Modul de tensionare a vetrei cu diverse forme de talpă la diverse solicitări: *talpa 1*, cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară; *talpa 2*, cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară, rotunjită la ambele capete; *talpa 3*, cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară, teșită la ambele capete la un unghi de 30°; *talpa 4*, cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară, rotunjită la capătul dinspre front și teșită la un unghi de 15° la capătul opus; *talpa 5*, cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară, rotunjită la capătul dinspre front și teșită la un unghi de 0° la celălalt capăt; *talpa 6*, cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară, rotunjită la capătul dinspre front și teșită la un unghi de 45° la capătul opus.

— solicitare neuniformă, cu maxime spre partea dinspre front;

— solicitare neuniformă, cu maxime spre partea dinspre surpare.

Pentru a se putea compara rezultatele între ele, valoarea solicitării a fost identică pentru toate modelele de tălpi.

Între frontul de cărbune și vîrful tălpii s-a menținut un spațiu egal cu spațiul rămas după tăierea unei fișii de cărbune, fără mutarea secției în față, situație care este cea mai dezavantajoasă din punctul de vedere al penetrării vetrei, deoarece asupra vetrei, în zona dintre talpă și front, acționează un cumul de tensiuni exercitate de presiunea minieră transmisă prin stratul de cărbune și de presiunea transmisă în talpă.

În lumină polarizată au fost înregistrate tablourile de izocromate, starea de tensiuni din vatră fiind redată în figura 6.

Pe baza analizei datelor experimentale obținute, se pot preciza următoarele:

— concentrări importante ale tensiunii apar în zonele periferice ale tălpii;

— indiferent de forma și modul de încărcare, tensiunile maxime în rocă apar în zona dintre front și partea din față a tălpii;

— forma de talpă care concentrează tensiuni mai mici în vatră este cea care are capetele teșite la 15° sau chiar sub 15° (unghiul optim trebuie stabilit pentru fiecare tip de rocă ce vine în contact cu talpa);

— talpa cu forma cea mai dezavantajoasă este cea cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară;

— talpa cu secțiunea longitudinală dreptunghiulară cu capetele rotunjite este mai dezavantajoasă în comparație cu cea cu capetele teșite, deoarece dă concentrări mai mari de tensiuni și o distribuție mai neuniformă a acestora.

Din această analiză rezultă că talpa cu forma cea mai convenabilă este cea care are secțiunea

longitudinală dreptunghiulară teșită la ambele capete cu un unghi de 10—15°.

Starea de tensiune de sub talpa susținerii, cît și în zona dintre talpă și front este dependentă și de starea de solicitare a frontului, respectiv a stratului de cărbune din fața abatajului. Pentru stabilirea acestei dependențe s-au făcut o serie de experimentări utilizînd modelul de talpă *4* (fig. 6). Asupra frontului s-au simulat diverse încărcări. În figura 7 se poate observa, comparativ, evoluția stării de tensiuni din vatră funcție de încărcarea frontului, talpa acționînd identic în toate situațiile considerate.

### 2. *Studiul formei plane a tălpii*

Pentru ca o talpă să penetreze cît mai puțin, în aceleași condiții de utilizare, trebuie ca raza echivalentă a acesteia să fie cît mai mare.

Așa cum s-a arătat anterior, raza echivalentă $B$ este dată de relația:

$$B = \frac{A}{p}, \text{ cm},$$

în care:

$A$ este suprafața de contact cu vatra tălpii, cm²;

$p$ — perimetrul suprafeței de contact al tălpii, cm.

Din acest punct de vedere, forma ideală de contact este cea circulară, dar din considerente tehnologice nu poate fi adoptată o astfel de formă pentru tălpile echipamentelor de susținere mecanizată.

În figura 8 sînt prezentate o serie de forme posibil a fi adoptate, plecînd toate de la forma dreptunghiulară.

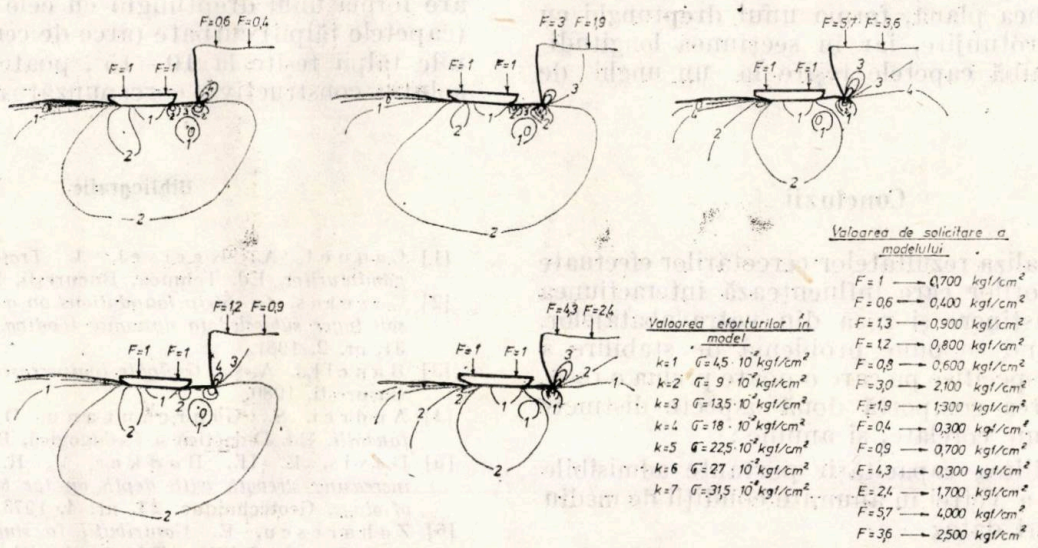



Fig. 7. Influența încărcării frontului de cărbune asupra tensionării vetrei între talpă și front.

| Nr. crt. | Forma tălpii | Relația de calcul a razei echivalente | Valoarea maximă a razei echivalente (cm) pentru k = 2 și l = 100 cm | Valoarea maximă a razei echivalente (cm) pentru k = 3 și l = 100 cm |
|---|---|---|---|---|
| 1 | L=Kl | $B = \frac{Kl^2}{2Kl+2l}$ | 33,33 | 37,50 |
| 2 | L=Kl | $B = \frac{Kl^2 - \frac{l}{2}\sqrt{4x^2-l^2}}{2Kl+l+2x-\sqrt{4x^2-l^2}}$ | 33,52 (pt. x=52 cm) | 37,78 (pt. x=53 cm) |
| 3 | L=Kl | $B = \frac{Kl^2 - \frac{l}{2}\sqrt{4x^2-l^2}}{2Kl+4x-2\sqrt{4x^2-l^2}}$ | 33,71 (pt. x=52 cm) | 38,08 (pt. x=53 cm) |
| 4 | L=Kl | $B = \frac{Kl^2 - \frac{lx}{2}}{2Kl-2x+l+\frac{l^2}{4x}\left[\frac{2x}{l^2}\sqrt{l^2+16x^2}+\ln\left(\frac{4x}{l}+\frac{1}{l}\sqrt{l^2+16x^2}\right)\right]}$ | 31,42 (pt. x=50 cm) | 36,18 (pt. x=51 cm) |
| 5 | L=Kl | $B = \frac{l(Kl-x)+\frac{l}{2}\sqrt{4x^2-l^2}}{l+2(Kl-x)+\sqrt{4x^2-l^2}+2x\arcsin\frac{l}{2x}}$ | 34,01 (pt. x=53 cm) | 38,22 (pt. x=55 cm) |
| 6 | L=Kl | $B = \frac{2l(Kl-x)+\frac{l}{2}\sqrt{4x^2-l^2}+2x^2\arcsin\frac{l}{2x}-kl^2}{2Kl-4x+2\sqrt{4x^2-l^2}+4x\arcsin\frac{l}{2x}}$ | 34,82 (pt. x=55 cm) | 39,06 (pt. x=57 cm) |

Fig. 8. Raza medie echivalentă pentru diverse forme de talpă.

Pe baza analizei făcute din acest punct de vedere, rezultă că forma suprafeței de contact a tălpilor susținerilor mecanizate utilizate în minele de lignit poate fi îmbunătățită prin combinarea formei dreptunghiulare cu forme circulare, eliptice, parabolice, hiperbolice, triunghiulare etc.

Dintre toate aceste combinații, cea mai mare rază echivalentă, plecînd de la aceeași bază (dreptunghiul cu laturile $L$ și $l$) se obține la un dreptunghi cu laturile mici rotunjite (capetele tălpii).

Pentru exemplificare, în figura 8 s-au calculat razele echivalente pentru diverse forme de tălpi avînd lățimea $l = 1$ m și lungimea $L = 2$ m, respectiv $L = 3$.

Pe baza celor prezentate mai sus recomandăm ca talpa susținerilor mecanizate să aibă, în secțiunea plană, forma unui dreptunghi cu capetele rotunjite, iar în secțiunea longitudinală să aibă capetele teșite la un unghi de 10—15°.

## Concluzii

Din analiza rezultatelor cercetărilor efectuate și a factorilor care influențează interacțiunea dintre susținere și roca din vatra abatajelor, atunci cînd se pune problema de stabilire a presiunii specifice pe care o poate prelua o rocă, soluționarea comportă două aspecte distincte care trebuie corelate, și anume :

— stabilirea capacității portante admisibile (efective) a vetrei în anumite condiții de mediu și solicitări date;

— stabilirea evoluției presiunii specifice efective pe care o exercită susținerea mecanizată prin intermediul tălpii asupra rocilor din vatră, pe parcursul întregului ciclu tehnologic de exploatare, începînd de la dezvelirea rocii din vatră, prin tăierea fișiei de cărbune, și pînă la traversarea totală de către talpă a zonei considerate.

Pentru calculul capacității portante recomandăm metodologia elaborată de A. Caquot, adaptată la specificul activității miniere, prezentată în lucrare.

Capacitatea portantă a unei roci nu înseamnă rezistența la compresiune a rocii, ci este o variabilă care depinde atît de greutatea volumetrică de coeziune și de mărimea unghiului de frecare internă a rocii respective, cît și de mărimea razei medii echivalente a tălpii care solicită vatra (raportul dintre suprafața de contact și perimetrul său).

La determinarea capacității portante a unei roci trebuie să se analizeze :

- starea rocii din vatră în momentul cînd aceasta vine în contact cu talpa, respectiv gradul de fisurație și de umiditate a rocii, în funcție de care trebuie să se aplice corecții asupra proprietăților fizico-mecanice determinate în laborator, care intră în relațiile de calcul ($\gamma$, $\varphi$, $c$) ;
- aportul posibil suplimentar de apă, care poate ajunge pe vatră în timpul lucrărilor de exploatare, în funcție de care se calculează umiditatea la care poate ajunge roca în timpul cît apa se află în contact cu aceasta și, de aici, indicele modificat de consistență și respectiv caracteristicile de rezistență de care depinde portanța ;
- influența factorului reologic, adică fluajul rocii sub acțiunea unor solicitări de lungă durată.

Din experimentările realizate rezultă concluzia că talpa a cărei suprafață de contact cu roca are forma unui dreptunghi cu cele două laturi (capetele tălpii) curbate (arce de cerc) și marginile tălpii teșite la 10—15°, poate constitui o soluție constructivă corespunzătoare.

## Bibliografie


[1] Caquot, A., Kerisel, J. *Tratat de mecanica pămînturilor.* Ed. Tehnică, București, 1968.

[2] Cazetas, G. *Strip foundations on a crossanisotropic soil layer subjected to dynamic loading.* Geotechnique, **31**, nr. 2, 1981.

[3] Băncilă, A. ș.a. *Geologie inginerească.* Ed. Tehnică, București, 1980.

[4] Andrei, S., Giurcăneanu, D. *Geotehnică și fundații.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1975.

[5] Davis, E. H., Booker, J. R. *The effect of increasing strength with depth on the bearing capacity of olays.* Geotechnique, **23**, nr. 4, 1973.

[6] Zaharescu, E. *Contribuții la studiul capacității portante a fundațiilor.* Ed. Academiei R.P.R., București, 1961.

[7] Todorescu, A. *Proprietățile rocilor.* Ed. Tehnică, București, 1984.

[8] Graham, J., Raymond, G. P., Suppiah, A. *Bearing capacity of three closelyspaced footines on sand.* Geotechnique, **34**, nr. 2, 1984.

[9] Dron, A. ș.a. *Geotehnica în practica construcțiilor de îmbunătățiri funciare.* Ed. Agro-Silvică, București, 1968.

[10] Dron, A. *Pămînturile de fundație nestîncoase în practica lucrărilor de îmbunătățiri funciare și construcții hidrotehnice.* Ed. Ceres, București, 1979.

[11] Jaeger, A. G., Cock, N. G. *Fundamentals of rock mechanics.* Ed. Metnuem co Ltd., London, 1968.

[12] Stagg, K. G., Zienkiewicz, O. C. *Rock mechanics in engineering practice.* Ed. John Wiley Sons, London—New York Sydney—Torini, 1972.

[13] * * * Anuarele ICEMIN, vol. 6—15.

[14] Letu, N., Carpenișeanu, D. *Susțineri miniere.* Ed. Tehnică, București, 1973.

[15] * * * *Determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale zăcămintelor de lignit și rocilor înconjurătoare (culcuș, acoperiș direct) în vederea determinării portanței susținerilor mecanizate și individuale la bazinele aparținătoare Combinatului minier Ploiești.* C 5021, Raport final, 30.11.1980, I.C.P.M.S.N. Cluj-Napoca.

[16] Cristescu, N. *Mecanica rocilor (note de curs).* Universitatea București, 1984.

[17] Hirian, C. *Mecanica rocilor.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1981.

[18] Popescu, A., Todorescu, A. *Mecanica rocilor în minerit.* Ed. Tehnică, București, 1982.
[19] Stamatiu, M. *Mecanica rocilor.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1982.
[20] Fisenko, G. L. *Starea limită a rocilor din jurul lucrărilor miniere.* Ed. Nedra, Moscova, 1976.
[21] * * * *Studiul caracteristicilor funcționale ale susținerilor miniere utilizate în abatajele din minele de cărbune din țară și stabilirea domeniului de convergență și presiuni pe care le pot prelua.* C. 25/1984. Studiu I.C.I.T.P.M.L. Craiova, nov. 1984.
[22] * * * *Studiul problematicii privind corelarea dintre elementele talpă—susținere—transportor, pentru complexul mecanizat de abataj destinat condițiilor grele de zăcământ.* C. 37/1985, ad. 1/1986, studiu I.C.I.T.P.M.L. Craiova, iunie 1986.
[23] * * * *Stabilirea posibilităților de utilizare a susținerilor mecanizate de tip scut în corelație cu condițiile de zăcământ din R.S.R.* C. 37/1985, ad. 1/1986, Studiu I.C.I.T.P.M.L. Craiova, Colectivul Geomecanică, București, sept. 1986.

# Considerații tehnice asupra pierderilor și diluției minereului la metoda de exploatare cu surpare în subetaje

Ing. **I. Dăneseu**, ec. **V. Rus**
I.C.I.T.P.M.N. Baia Mare

## Generalități

Pentru creșterea gradului de recuperare a rezervelor de minereu, extrase prin metoda de exploatare cu surpare în subetaje, este necesar a se trata următoarele aspecte :

— posibilitățile aplicării metodei de exploatare cu surpare în subetaje în funcție de sursele diluției și de parametrii principali care generează pierderile de minereu ;

— rezultatele obținute pe modele în laborator, referitoare la cuantificarea diluției și a pierderilor de minereu ;

— măsurile tehnico-organizatorice necesare în vederea reducerii diluției și a pierderilor de minereu.

Metoda de exploatare cu surpare în subetaje, în corelare cu genul și modul de amplasare a lucrărilor de pregătire la nivelul subetajului, se aplică în mai multe variante, în funcție de grosimea $m_f$ a filoanelor care formează obiectul exploatării, și anume :

- cu galerii (camere) direcționale, pentru grosimi $0{,}7 < m_f < 4{,}0$ m ;
- cu galerii (camere) transversale, pentru grosimi $m_f > 15$ m ;
- combinat, pentru grosimi $4{,}0 < m_f < 15{,}0$ m.

La exploatarea zăcămintelor de minereuri intervin doi factori principali — diluția și pierderile tehnologice — a căror mărime influențează pozitiv sau negativ modul de extracție rațională a rezervelor de minereuri, cît și eficiența economică. În funcție de acești factori se poate aprecia oportunitatea aplicării unei anumite metode de exploatare.

Rezultatele obținute în domeniul mecanizării principalelor operații ale procesului tehnologic de exploatare în subteran au condus la aplicarea metodei de exploatare în subetaje, cu surpare, care asigură o productivitate a muncii ridicată și costuri de producție reduse.

Față de aceste avantaje incontestabile, apar și unele dezavantaje, cum ar fi creșterea diluției minereului extras și chiar creșterea pierderilor de rezerve.

De aceea este necesar a se cunoaște, în detaliu, cauzele și sursele diluării minereului cu steril, cît și ale pierderilor de substanță minerală utilă din rezerva industrială a zăcămîntului.

## Principalele surse ale diluției

Dintre principalele surse ale diluției reținem, în principal :

**a** — gradul insuficient de cunoaștere a zăcămîntului supus exploatării, datorită cercetării incomplete ;

**b** — intercalațiile sterile din corpurile de minereu care nu au fost identificate prin cercetările geologice și de care nu s-a ținut seama la stabilirea conținuturilor geologice ale blocurilor zăcămîntului supus exploatării ;

**c** — rocile sterile din culcușul și acoperișul zăcămîntului care pătrund în masa de minereu extras datorită friabilității acestora sau amplasării greșite a găurilor de mină ;

**d** — rocile de steril din perna de protecție care pătrund în masa de minereu derocat în timpul operației de evacuare la nivelul subetajului, fenomen care se produce din următoarele cauze :

- granulația sterilului din perna de protecție este mai mică decît a minereului derocat ;
- necorelarea pasului de împușcare (lungimea tronsonului) cu grosimea filonului ;
- lipsa aderenței între materialul derocat și taluzurile ce se formează în urma împușcării, în timpul mișcării acestuia sub presiunea pernei de protecție ;
- imposibilitatea opririi evacuării minereului, chiar dacă se constată apariția sterilului din perna de protecție, pînă cînd nu se evacu-

ează materialul din galeria de subetaj, pentru a se putea încărca cu exploziv găurile de mină din pereții acesteia, la următorul evantai;

● eficiența scăzută a paravanelor de protecție proiectate în scopul de a preîntîmpina pătrunderea minereului derocat în galeria de subetaj, sub presiunea sterilului din perna de protecție.

*Cuantificarea mărimii diluției în funcție de parametrii geometrici optimi ai orificiului de evacuare a minereului de la nivelul subetajului*

Pentru a scoate în evidență importanța parametrilor geometrici ce compun orificiul de evacuare și efectul lor asupra diluției, în figurile 1 și 2 se prezintă acești parametri.

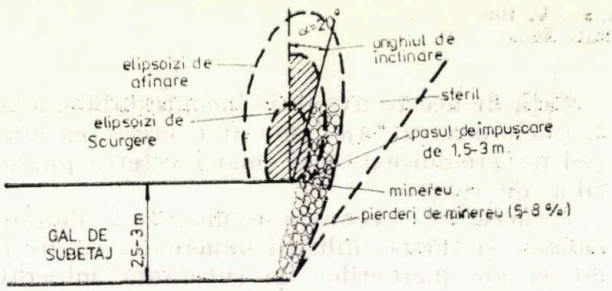



Fig. 1. Parametrii orificiului de evacuare.

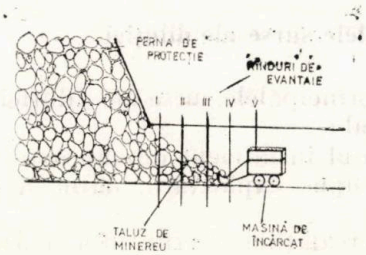



Fig. 2. Modul de evacuare a minereului la nivelul subetajului.

Parametrii respectivi sînt:

— pasul de împușcare ce reprezintă numărul de evantaie de găuri ce se împușcă la filoanele cu grosimea $m_f > 4{,}0$ m sau lungimea tronsonului ce se împușcă, la varianta cu galerii direcționale, pentru filoane cu grosimea $m_f < 4{,}0$ m;

— înclinarea găurilor de mină dintr-un evantai, către frontul de lucru, la filoanele cu grosimea $m_f > 4{,}0$ m, precum și a găurilor dintr-un tronson, la filoanele cu grosimea $m_f < 4$ m;

— înălțimea galeriei de subetaj care, de regulă, nu trebuie să depășească $H_G < 3{,}0$ m pentru filoane cu grosimea $m_f < 4{,}0$ m;

— lățimea galeriei transversale $L_G$, care se alege în funcție de axa elipsoidului de scurgere $L_E$, ce se calculează cu relația:

$$L_G = (4;\ 6)\ L_E \quad \text{(fig. 3)};$$

— înălțimea dintre două subetaje, care se calculează în funcție de unghiul de înclinare al filonului și grosimea acestuia;

— forma galeriei, care trebuie să aibă un tavan orizontal;

— mărimea pilierului dintre galeriile transversale la filoanele cu grosimea $m_f > 15$ m, care trebuie să răspundă condiției ca elipsoizii de scurgere să fie tangenți (fig. 4);

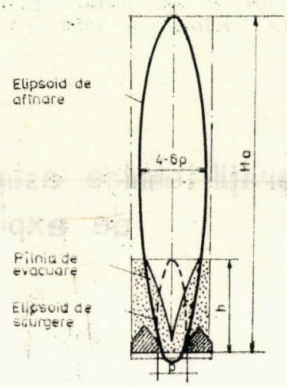



Fig. 3. Schema de evacuare a minereului din camera transversală sau direcțională.

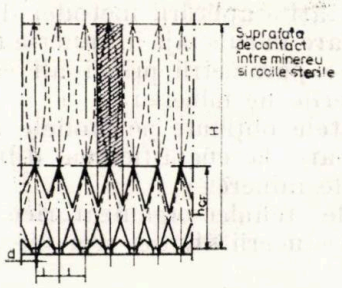



Fig. 4. Evacuarea minereului din camerele transversale învecinate: $a$ — diametrul camerei; $L$ — distanța dintre camere; $H$ — înălțimea feliei de minereu; $h_e$ — înălțimea elipsoidului de scurgere.

— raportul dimensiunilor granulelor de steril și minereu trebuie să satisfacă relația:

$$\mu = \frac{d_s}{d_m} = 3;\ 5;$$

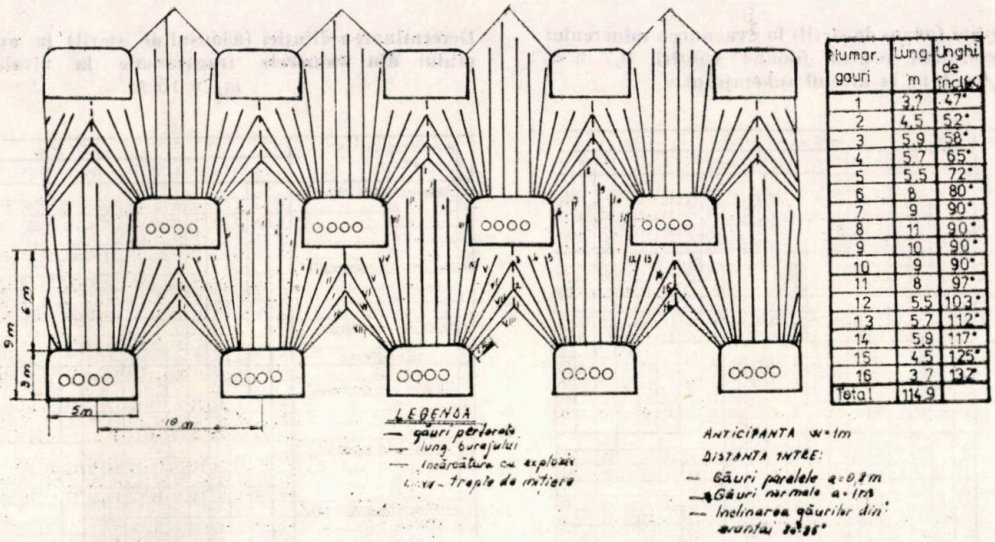
— amplasarea găurilor de lungime medie dintr-un evantai să nu se facă și în pereții galeriei de subetaj; ultimele găuri laterale ale evantaiului se vor amplasa la colțurile superioare ale galeriei sub un unghi $58° < \alpha < 70°$, pentru filoane cu grosimea $m_f > 4{,}0$ m (fig. 5 și 6);

— stabilitatea rocilor înconjurătoare.

În funcție de parametrii amintiți s-au făcut încercări pe modele în laborator, pe baza dozelor de încercare, folosind formulele următoare:

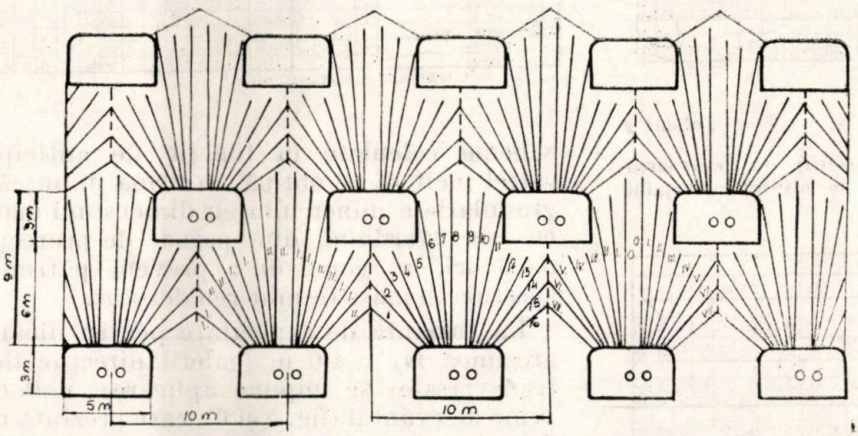
$$K_n = \frac{Q_n}{Q}\,100,\ \%;\quad K_d = \frac{Q_d}{Q}\,100,\ \%;$$

$$K_e = \frac{Q_e}{Q}\,100 = \frac{Q_n + Q_d}{Q}\,100,\ \%$$




| Numar. găuri | Lung. m | Unghi de înclin. |
|---|---|---|
| 1 | 3,7 | 47° |
| 2 | 4,5 | 52° |
| 3 | 5,9 | 58° |
| 4 | 5,7 | 65° |
| 5 | 5,5 | 72° |
| 6 | 8 | 80° |
| 7 | 9 | 90° |
| 8 | 11 | 90° |
| 9 | 10 | 90° |
| 10 | 9 | 90° |
| 11 | 8 | 97° |
| 12 | 5,5 | 103° |
| 13 | 5,7 | 112° |
| 14 | 5,9 | 117° |
| 15 | 4,5 | 125° |
| 16 | 3,7 | 132° |
| Total | 114,9 | |

Fig. 5. Perfecționarea perforării găurilor în evantai pentru metoda de exploatare cu surpare în subetaje (varianta cu patru găuri paralele).



| Nr. găuri | Lung. m | Unghiul de înclinare |
|---|---|---|
| 1 | 3,3 | 38° |
| 2 | 4,3 | 48° |
| 3 | 6,0 | 57° |
| 4 | 5,8 | 63° |
| 5 | 5,6 | 71° |
| 6 | 8,5 | 78° |
| 7 | 9,0 | 85° |
| 8 | 10,0 | 90° |
| 9 | 9,8 | 90° |
| 10 | 9,2 | 94° |
| 11 | 8,1 | 100° |
| 12 | 5,8 | 107° |
| 13 | 6,0 | 116° |
| 14 | 6,1 | 123° |
| 15 | 4,8 | 130° |
| 16 | 3,5 | 138° |
| TOTAL | 105,8 | |

Fig. 6. Perfecționarea perforării găurilor în evantai pentru metoda de exploatare cu surpare în subetaje (varianta cu două găuri paralele).

în care :

$K_n$ este coeficientul de evacuare a minereului nediluat, %;

$Q_n$ — cantitatea de minereu evacuată, nediluat, t;

$Q$ — cantitatea de minereu total din model, %;

$K_d$ — coeficientul de evacuare a minereului diluat, %;

$Q_d$ — cantitatea de minereu evacuată, diluat, t;

$Q_e$ — cantitatea de minereu evacuată totală, t;

$K_e$ — coeficientul de evacuare total, %;

$$Q_d = Q_s + Q_m, \text{ t};$$

$$Q_s = Q_d - Q_m, \text{ t};$$

$$D_c = \frac{Q_s}{Q_e} 100, \%,$$

în care :

$Q_s$ este cantitatea de steril care s-a evacuat împreună cu minereul, t;

$Q_m$ — cantitatea de minereu evacuată împreună cu sterilul, t;

$D_c$ — diluția cantitativă la evacuare, %.

Rezultatele experimentărilor pe modele sînt evidențiate în tabelele 1—3, funcție de variantele metodei de exploatare care se aplică la diferite grosimi ale filonului.

*Măsuri vizînd reducerea diluției la evacuarea minereului de la nivelul subetajului*

Pentru toate variantele metodei de exploatare care se aplică funcție de grosimea filonului, trebuie să se cunoască parametrii geometrici optimi ai orificiului de evacuare redați în tabelele 1 ; 2 și 3. Alegerea lor trebuie să conducă la obținerea unei diluții minime.

De asemenea, pentru toate variantele metodei de exploatare folosite trebuie să se țină o evi-

*Tabelul 1*

**Determinarea diluției (adaos de steril) la evacuarea minereului din galeriile direcționale pentru filoane subțiri 0,7 m < $< m_f <$ 4 m la nivelul subetajului.**

| | PARAMETRII URMĂRIȚI PE MODELE | EVACUARE (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1 | Lățimea galeriei direcționale* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 10 | 18 | 23 | 35 | 40 | 50 | 58 | 60 | 68 | 70 | 73 | 80 |
| | 2 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 65 | 70 | 75 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 12 | 19 | 25 | 30 | 38 | 45 | 53 | 60 | 65 | 70 | 72 | 77 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 21 | 29 | 34 | 38 | 41 | 45 | 52 | 67 | 72 | 76 |
| 2 | Înălțimea gal. direcționale* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 19 | 23 | 38 | 43 | 35 | 41 | 58 | 62 | 70 | 75 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | 11 | 18 | 22 | 37 | 40 | 38 | 47 | 59 | 64 | 71 | 78 |
| 3 | Forma gal. direcționale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | boltită | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 18 | 20 | 25 | 34 | 45 | 48 | 52 | 61 | 64 | 71 | 78 | 82 | 90 |
| | dreptunghiulară | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 65 | 70 | 75 |
| 4 | Unghiul de incl. a filonului | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 < α < 60 | 0 | 0 | 5 | 11 | 18 | 28 | 31 | 46 | 57 | 68 | 79 | 85 | 96 | 102 | 112 | 118 | 120 | 121 | 128 | 130 |
| | 60 < α < 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 11 | 19 | 23 | 29 | 31 | 46 | 53 | 61 | 69 | 78 | 89 | 100 | 104 |
| | 70 < α < 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 11 | 18 | 27 | 35 | 47 | 58 | 67 | 72 | 87 | 95 | 98 |
| | 80 < α < 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 65 | 70 | 75 |
| 5 | Înălțimea între subetaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 65 | 70 | 75 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 9 | 16 | 18 | 27 | 31 | 44 | 49 | 55 | 67 | 78 | 81 | 85 |
| 6 | Adîncimea pasului de împușc. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,5 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 65 | 70 | 75 |
| | 2,5 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 11 | 20 | 23 | 28 | 33 | 39 | 45 | 55 | 68 | 72 | 78 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | 9 | 13 | 16 | 19 | 25 | 30 | 37 | 42 | 49 | 58 | 69 | 78 | 82 |
| | 4 m | 0 | 0 | 4 | 8 | 12 | 15 | 20 | 26 | 31 | 39 | 47 | 58 | 67 | 79 | 83 | 87 | 98 | 102 | 111 | 118 |
| 7 | Incl. găurilor către front | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | α = 50° | 0 | 2 | 11 | 17 | 26 | 30 | 34 | 39 | 40 | 45 | 48 | 50 | 54 | 60 | 67 | 70 | 75 | 80 | 85 | 92 |
| | α = 10° | 0 | 0 | 0 | 2 | 11 | 16 | 20 | 28 | 30 | 42 | 43 | 48 | 52 | 56 | 60 | 71 | 79 | 82 | 86 | 88 |
| | α = 15° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 18 | 24 | 30 | 36 | 41 | 49 | 52 | 59 | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | α = 20° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 65 | 70 | 75 |
| 8 | Dimensiunile minereului | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | dm < ds | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 55 | 70 | 75 |
| | dm > ds | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 18 | 25 | 29 | 35 | 40 | 45 | 48 | 52 | 55 | 70 | 78 | 85 | 90 |
| 9 | Stabilitatea acoperiș | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | stabile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 20 | 27 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 75 |
| | instabile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 18 | 28 | 31 | 39 | 48 | 51 | 59 | 61 | 66 | 72 | 81 | 89 | 95 |

* Parametrii ce se influențează reciproc.

*Tabelul 2*

**Determinarea diluției (adaosul de steril) la evacuarea minereului din camerele direcționale la nivelul subetajului $m_f < 15$ m.**

| | PARAMETRII URMĂRIȚI PE MODELE | EVACUARE (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1 | Lățimea camerei direcționale* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 18 | 25 | 30 | 38 | 40 | 48 | 55 | 68 | 74 | 79 | 85 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| | 5 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 12 | 19 | 25 | 30 | 34 | 41 | 48 | 50 | 54 | 62 | 68 | 72 | 79 | 85 | 97 |
| 2 | Înălțimea gal. direcționale* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 12 | 19 | 28 | 35 | 41 | 48 | 51 | 55 | 57 | 62 | 68 | 72 | 79 | 87 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 52 | 58 | 76 | 80 |
| 3 | Forma gal. direcționale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | boltită | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 10 | 18 | 22 | 28 | 32 | 36 | 41 | 48 | 54 | 62 | 69 | 75 | 78 | 80 | 88 |
| | dreptunghiulară | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 75 | 80 |
| 4 | Lățimea pilierului între gal.* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 18 | 25 | 32 | 40 | 48 | 52 | 60 | 75 | 79 | 80 | 86 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 10 | 15 | 28 | 32 | 41 | 48 | 54 | 64 | 70 | 75 | 82 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| 5 | Unghiul de incl. a filonului | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 < α < 70 | 0 | 2 | 10 | 17 | 26 | 30 | 34 | 38 | 49 | 52 | 58 | 60 | 64 | 62 | 68 | 72 | 78 | 80 | 85 | 92 |
| | 70 < α < 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 8 | 12 | 21 | 28 | 34 | 47 | 54 | 56 | 60 | 72 | 77 | 85 | 90 | 98 |
| | 80 < α < 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 52 | 68 | 76 | 80 |
| 6 | Înălțimea între subetaje* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 m | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 21 | 27 | 30 | 32 | 41 | 49 | 51 | 59 | 63 | 65 | 67 | 69 | 75 | 80 | 87 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| | 5 m | 0 | 0 | 2 | 4 | 10 | 18 | 26 | 38 | 40 | 46 | 52 | 58 | 62 | 66 | 68 | 70 | 72 | 78 | 80 | 89 |
| 7 | Adîncimea de împușcare | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 evantai - 1 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| | 2 evantaie - 2m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 8 | 12 | 18 | 25 | 32 | 49 | 58 | 60 | 66 | 70 | 75 | 80 | 89 | 95 |
| | 3 evantaie - 3 m | 0 | 2 | 8 | 14 | 20 | 28 | 32 | 38 | 42 | 58 | 66 | 72 | 76 | 78 | 80 | 82 | 88 | 90 | 98 | 105 |
| 8 | Ungh. de incl. a ultim. găuri later. dintr-un evantai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | α = 60° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 11 | 21 | 28 | 30 | 35 | 46 | 50 | 58 | 65 | 71 | 78 | 89 |
| | α = 70° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| | α = 80° | 0 | 0 | 2 | 8 | 12 | 18 | 25 | 28 | 35 | 45 | 50 | 58 | 65 | 70 | 75 | 79 | 85 | 89 | 96 | 102 |
| 9 | Înclinarea evantaielor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 10° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 | 18 | 24 | 32 | 38 | 43 | 48 | 52 | 58 | 70 | 78 | 83 |
| | = 20° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| | = 30° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | 12 | 18 | 25 | 28 | 32 | 48 | 54 | 56 | 60 | 68 | 72 | 76 | 82 |
| 10 | Dimensiunile minereului | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | dm < ds | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 62 | 68 | 76 | 80 |
| | dm > ds | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 12 | 20 | 31 | 38 | 48 | 51 | 59 | 69 | 71 | 79 | 87 |

* Parametrii ce se influențează reciproc

dență riguroasă a cantității de minereu derocat și excavat dintr-un evantai sau tronson, în funcție de capacitatea utilajelor de încărcare și transport folosite.

La toate variantele de exploatare folosite se impune amplasarea găurilor de mină după

*Tabelul 3*

**Determinarea diluției (adaosul de steril) la evacuarea minereului din camerele transversale la nivelul subetajului $m_f > 15$ m.**

| | PARAMETRII URMĂRIȚI PE MODELE | EVACUARE (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1 | Lățimea gal. (camerei) transv.* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 m | 0 | 0 | 5 | 8 | 10 | 15 | 20 | 28 | 35 | 42 | 50 | 62 | 75 | 87 | 90 | 100 | 115 | 120 | 130 | 150 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 17 | 25 | 30 | 38 | 41 | 45 | 50 | 65 | 75 | 88 | 92 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| | 5 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 37 | 50 | 62 | 75 |
| | 6 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 8 | 15 | 20 | 25 | 38 | 41 | 50 | 57 | 62 | 75 | 85 | 95 | 100 |
| 2 | Înălțimea gal. transversale* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 12 | 22 | 30 | 39 | 45 | 53 | 60 | 68 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 37 | 50 | 62 | 75 |
| | 4 m | 0 | 0 | 5 | 18 | 21 | 28 | 32 | 40 | 49 | 55 | 68 | 75 | 80 | 85 | 90 | 100 | 115 | 120 | 131 | 140 |
| 3 | Forma gal. transversale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | boltită | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 10 | 18 | 28 | 25 | 33 | 38 | 40 | 48 | 54 | 55 | 60 | 68 | 70 | 77 | 80 |
| | dreptunghiulară | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 62 | 75 |
| | circulară | 0 | 2 | 8 | 12 | 17 | 20 | 25 | 27 | 32 | 40 | 48 | 52 | 59 | 63 | 68 | 72 | 78 | 81 | 88 | 90 |
| 4 | Lăț. pilier. între gal. transv.* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 m | 0 | 0 | 3 | 12 | 25 | 31 | 35 | 38 | 40 | 42 | 48 | 50 | 57 | 61 | 69 | 70 | 75 | 80 | 88 | 95 |
| | 5 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 52 | 75 |
| | 6 m | 0 | 4 | 7 | 13 | 18 | 21 | 28 | 32 | 38 | 42 | 54 | 61 | 68 | 72 | 80 | 84 | 86 | 90 | 94 | [illegible] |
| 5 | Înălțimea între subetaje* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 m | 0 | 6 | 10 | 16 | 20 | 22 | 28 | 38 | 40 | 48 | 50 | 52 | 58 | 61 | 69 | 75 | 78 | 80 | 89 | 95 |
| | 6 m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 62 | 75 |
| | 7 m | 0 | 0 | 8 | 12 | 19 | 25 | 35 | 47 | 50 | 52 | 58 | 63 | 68 | 70 | 75 | 85 | 89 | 95 | 100 | [illegible] |
| 6 | Adîncimea de împușcare (Nr. evant.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 EVANTAI - 1m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 62 | 75 |
| | 2 EVANTAIE - 2m | 0 | 0 | 0 | 5 | 15 | 20 | 25 | 35 | 41 | 50 | 58 | 60 | 68 | 70 | 75 | 81 | 92 | 100 | 115 | 125 |
| | 3 EVANTAIE - 3m | 10 | 15 | 25 | 39 | 42 | 58 | 62 | 78 | 88 | 105 | 115 | 125 | 135 | 140 | 148 | 158 | 168 | 175 | [illegible] | [illegible] |
| 7 | Unghiul ultimelor găuri în evantai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | α = 60° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 12 | 28 | 35 | 40 | 48 | 54 | 60 | 62 | 68 | 70 | 75 | 80 |
| | α = 70° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 62 | 75 |
| | α = 80° | 0 | 1 | 7 | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 31 | 42 | 48 | 52 | 58 | 68 | 71 | 79 | 85 | 91 | 98 | 102 |
| 8 | Înclinarea evantaielor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | α = 10° | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 15 | 20 | 28 | 36 | 40 | 46 | 50 | 58 | 60 | 62 | 68 | 75 | 78 | 80 | 82 |
| | α = 20° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 62 | 75 |
| | α = 30° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 | 16 | 25 | 34 | 42 | 52 | 56 | 61 | 68 | 70 | 72 | 78 |
| 9 | Dimensiunile minereului | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | dm < ds | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 32 | 50 | 62 | 75 |
| | dm > ds | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 15 | 22 | 28 | 32 | 38 | 42 | 50 | 58 | 60 | 62 | 75 | 84 | 90 | 96 | 98 |

* Parametrii ce se influențează reciproc.

scheme calculate în funcție de anticipanță, astfel încît să se obțină, în urma împușcării, o granulație a minereului cu dimensiuni mai mici ca ale sterilului din perna de protecție de 3–5 ori, în scopul de a preveni pătrunderea acestuia în masa de minereu derocat.

La varianta de exploatare pentru filoane cu grosimea $m_f > 4{,}0$ m (galerii direcționale sau transversale) se impune aplicarea noilor sisteme de evantai (fig. 5 și 6), care prezintă următoarele avantaje :

— posibilitatea opririi la timp a evacuării, chiar dacă galeria de subetaj nu este complet curățată de minereu ;

— posibilitatea încărcării cu exploziv a următorului rînd de evantaie, fără a fi necesară evacuarea completă a materialului din galeria de subetaj ;

— posibilitatea încărcării numai a cantității de minereu ce rezultă din dimensionarea unui evantai ;

— înălțimea pernei de protecție se menține constantă, conform proiectului ;

— înlocuiește paravanele de protecție ;

— permite o evidență riguroasă a materialului derocat rezultat din dimensionarea evantaiului ;

— reduce diluția la evacuarea minereului de la nivelul subetajului cu 14% (în baza experimentărilor efectuate).

**Factorii de influență ai pierderilor de minereu**

*Parametrii geometrici ai zăcămîntului*

Grosimea zăcămîntului este factorul principal care stă la baza alegerii variantei metodei de exploatare și anume :

— varianta cu galerii direcționale la grosimea zăcămîntului $m_f < 4$ m ;

— varianta cu două galerii direcționale la grosimea zăcămîntului $4 < m_f < 15$ m ;

— varianta combinată, adică cu trei galerii direcționale la nivelul subetajului sau cu galerii transversale la grosimea zăcămîntului $m_f > 15$ m ;

— varianta cu galerii transversale la grosimea zăcămîntului $m_f > 25$ m ;

Grosimea zăcămîntului este factorul care impune și modul de amplasare a lucrărilor de pregătire de la nivelul unui subetaj, astfel :

- în zona sterilă, în culcușul sau acoperișul zăcămîntului ;
- pe contactul dintre steril și filon ;
- în masa filoniană a zăcămîntului.

Alegerea eronată a amplasării lucrărilor de pregătire poate genera pierderi de rezervă geologică în timpul excavării. Pierderile de substanță utilă sînt mai mari atunci cînd galeria direcțională este amplasată pe filon, respectiv mai reduse cînd se amplasează pe conturul acestuia.

Pierderile de rezervă geologică apar și în situațiile cînd grosimea zăcămîntului are variații în plan vertical sau orizontal.

Pierderile de minereu la operația de excavare apar în momentul cînd la amplasarea galeriilor transversale, cît și a celor direcționale între subetaje nu se asigură condiția ca elipsoizii de scurgere să fie tangenți.

Unghiul de înclinare a filonului, ca și grosimea zăcămîntului, are un rol hotărîtor în stabilirea înălțimii între subetaje și în amplasarea lucrărilor de pregătire.

Pierderile de minereu, funcție de acest parametru, se manifestă la operația de evacuare. Cu cît unghiul de înclinare al zăcămîntului este mai mic ($\alpha < 60°$), la zăcămintele cu grosimea $m_f < 4$ m (varianta cu galerii direcționale), cu atît sterilul din perna de protecție pătrunde mai repede, pe lîngă acoperiș, în masa de minereu derocat, iar minereul se depune pe neregularitățile culcușului, generînd pierderi. În aceste situații este indicat a alege înălțimea dintre subetaje de $h_s < 3$ m.

Forma zăcămîntului

În general, zăcămintele de minereuri au forme diferite : filoane, lentile, strate, volbure, stoc, cu un contur regulat sau neregulat. Pentru diminuarea pierderilor de rezervă geologică la diferite forme ale zăcămîntului, este necesar ca înaintea începerii lucrărilor de pregătire acesta să se contureze cu găuri de sondă.

Contactul dintre zăcămînt și rocile înconjurătoare este mai uniform la filoanele cu grosimi $m_f < 4$ m, față de filoanele cu grosimi $m_f > 8$ m, datorită accentuării variațiilor de grosime. Sub această formă se prezintă filoanele : 200 — mina Ilba ; principal — mina Baia Sprie ; Petru și Pavel — mina Băiuț-Tibleș etc. În aceste condiții este necesară executarea lucrărilor de conturare și de pregătire la nivelul fiecărui subetaj pentru evitarea pierderilor de rezervă geologică la excavare.

*Parametrii metodei de exploatare*

După cum s-a amintit, alegerea înălțimii subetajului trebuie să se facă după o relație matematică, în care să se țină seama de legătura dintre grosimea zăcămîntului și unghiul de înclinare, în vederea poziționării elipsoizilor de scurgere, conform condiției impuse.

La alegerea înălțimii între subetaje, cu scopul de a reduce pierderile de rezervă geologică la operația de excavare și pierderile de minereu industrial la operația de evacuare, trebuie să se țină seama de două aspecte :

- locul de amplasare a galeriei de subetaj față de conturul zăcămîntului (în zăcămînt, pe contur, în afara zăcămîntului) ;
- elipsoizii de scurgere ai galeriei de subetaj să aibă generatoarele tangente.

Pentru reducerea la minimum a diluției la evacuarea minereului, respectiv asigurarea unei scurgeri uniforme, cu puține agățări și întreruperi, galeriile de subetaj trebuie să aibă dimensiunile specificate în tabelele 1 ; 2 și 3.

În mod ideal, tavanul galeriilor de subetaj trebuie să fie perfect orizontal. Un tavan boltit conduce la o concentrare a scurgerii sterilului la cheia bolții, făcînd aproape imposibilă mișcarea minereului în părțile laterale ale frontului.

Înălțimea galeriei de subetaj va fi :

$H_G = 3{,}0$ m, la varianta cu filoane de grosime $4{,}0 < m_f < 15$ m și $m_f > 15$ m ;

$H_G = 2{,}0$ m, la varianta cu filoane de grosime $0{,}7 < m_f < 4{,}0$ m.

După cum s-a demonstrat, trebuie să existe o relație bine definită între înălțimea subetajului, lățimea pilierilor și lățimea galeriei transversale.

Distanța între două galerii transversale se alege pe baza principiului de scurgere în formă de V, care impune ca elipsoizii de scurgere să aibă generatoarele tangente.

Se știe, din literatura de specialitate, că axa mică a elipsoidului de scurgere este de 4—6 ori mai mare decît lățimea galeriei de evacuare.

Pentru ca pierderile de minereu să fie minime, se impune ca lățimea pilierului între două galerii transversale să aibă aceeași dimensiune ca axa mică a elipsoidului de scurgere.

Distanța dintre gurile de evacuare care convine, din toate punctele de vedere, este de 8—10 m, de unde rezultă că deschiderea orificiului de evacuare va fi $L = 4-5$ m (în baza experimentărilor de la mina Baia Sprie).

Saltul de împușcare (lungimea galeriei de subetaj ce se excavează la o împușcare) influențează în mod direct pătrunderea sterilului din perna de protecție în masa de minereu derocat. De aceea, la filoanele cu grosimea $m_f < 4$ m, lungimea tronsonului de împușcare trebuie redusă de la 4 la 1,5 m, iar la filoanele cu grosimea $m_f > 4$ m, această lungime trebuie redusă de la 4—5 la 1 m (distanță între evantaie).

O lungime de salt mai mare conduce la pierderi și diluții mari, ca urmare a pătrunderii sterilului pe lîngă minereul nederocat, pe taluzul de încărcare.

Factorul principal care determină înclinarea găurilor dintr-un evantai este fragmentarea relativă a minereului și a materialului de steril care, la rîndul lui, influențează asupra modului în care presiunea stratului de steril acoperitor este distribuită pe frontul de lucru. Bucățile mai mari absorb o presiune înconjurătoare mai mică decît bucățile mai mici, care influențează mobilitatea celor mari.

În consecință, cînd sterilul este mai fin decît minereul derocat, este avantajos să se încline către înainte evantaiul, la un unghi de $\alpha = 20°$ față de axa verticală a galeriei, astfel încît presiunea între minereul de granulație mai mare și partea frontală să fie redusă.

*Tehnologia de exploatare*

Aprecierea asupra aplicării unei metode de exploatare pe baza unui indice de diluție dat nu poate să constituie singură un criteriu de fond, deoarece poate conduce la :

— menținerea unei metode de exploatare caracterizată printr-un indice de diluție scăzut, dar cu un cost de producție al metalului în concentrat mare ;

— aplicarea unei metode de exploatare de mare productivitate caracterizată printr-o anumită diluție, dar cu pierderi foarte mari.

Pe baza acestor considerente se poate concluziona că nu este posibilă o tratare a diluției independent de pierderile de minereu, ele fiind legate, în proporții diferite, de tehnologia de exploatare.

*Cuantificarea pierderilor în funcție de parametrii principali ai metodei de exploatare*

Pentru a scoate în evidență importanța acestor parametri, care generează pierderi de rezervă geologică și de minereu industrial, în cadrul laboratorului de tehnologii miniere, din I.C.I.T.P.M.N. Baia Mare, s-au făcut încercări pe modele, cuantificîndu-se mărimea acestora.

Parametrii geometrici principali care au stat la baza cuantificării pierderilor au fost :

— unghiul de înclinare a filonului ;
— forma filonului ;
— înălțimea subetajului ;
— pilierul dintre galeriile transversale ;
— poziția galeriei de subetaj față de filon.

Aceste cuantificări de pierderi s-au făcut pe modele, în funcție de parametrii menționați și de variantele metodei de exploatare care se aplică. Și aici se aplică formulele prezentate, unde :

$$Q_p = Q - Q_e, \text{ t},$$

și coeficientul de pierdere :

$$P = \frac{Q_p}{Q} 100, \ \%,$$

*Tabelul 4*

**Determinarea pierderilor de minereu la galeriile direcționale pentru filoane $0,7 < m_f < 4$ m.**

| Nr. crt. | PARAMETRII URMĂRIȚI PE MODELE | LĂȚIMEA FILONULUI (m) 0,7 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | UNGHIUL DE ÎNCLINARE A FILONULUI* | | | | | |
| | $40° \leq \alpha < 50°$ | 22,5 | 22 | 21,5 | 21 | 20,5 |
| | $50° \leq \alpha < 60°$ | 18,5 | 18 | 18,5 | 19 | 17,5 |
| | $60° \leq \alpha < 70°$ | 13,5 | 13 | 14,5 | 14 | 12,5 |
| | $70° \leq \alpha < 80°$ | 11 | 10,5 | 10 | 9,5 | 9 |
| | $80° \leq \alpha < 90°$ | 10 | 9,5 | 9 | 8,5 | 8 |
| 2 | FORMA FILONULUI | | | | | |
| | REGULATA | 6,2 | 6,1 | 6,0 | 5,9 | 5,8 |
| | NEREGULATA | 18,8 | 18,3 | 17,8 | 17,3 | 17,2 |
| 3 | ÎNĂLȚIMEA SUBETAJULUI* | | | | | |
| | 3 m | 5,6 | 5,5 | 5,4 | 5,3 | 5,2 |
| | 4 m | 5,2 | 5 | 4,9 | 4,8 | 4,7 |

* Parametri ce se influențează reciproc.

în care

$Q_p$ este cantitatea de minereu pierdută în model, t ;
$Q$ — cantitatea totală de minereu din model, t ;
$Q_e$ — cantitatea de minereu evacuată din model, t ;
$P$ — coeficientul de pierderi, %.

*Tabelul 5*

**Determinarea pierderilor de minereu la galeriile direcționale pentru filoane $4 < m_f < 15$ m, la nivelul subetajului. (Pentru determinarea pierderilor de minereu se iau în considerare parametrii specifici acestei metode de exploatare raportați la lățimea filonului).**

| Nr. crt. | PARAMETRII URMĂRIȚI PE MODELE | LĂȚIMEA FILONULUI (m) 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | UNGHIUL DE ÎNCLIN. A FIL. | | | | | | | | | | | | |
| | $40° \leq \alpha < 50°$ | 20,5 | 20 | 19,5 | 19 | 18,5 | 18 | 17,5 | 17 | 16,5 | 16 | 15,5 | 15 |
| | $50° \leq \alpha < 60°$ | 17,5 | 17 | 16,5 | 16 | 15,5 | 15 | 14,5 | 14 | 13,5 | 13 | 12,5 | 12 |
| | $60° \leq \alpha < 70°$ | 13,5 | 13 | 12,5 | 12 | 11,5 | 11 | 10,5 | 10 | 9,5 | 9 | 8,5 | 8 |
| | $70° \leq \alpha < 80°$ | 9 | 8,3 | 8 | 7,8 | 7,3 | 7 | 6,8 | 6,3 | 6 | 5,8 | 5,3 | 5 |
| | $80° \leq \alpha < 90°$ | 8 | 7,8 | 7,3 | 6 | 5,8 | 5,3 | 5 | 4,8 | 4,3 | 3,8 | 3,3 | 3 |
| 2 | FORMA FILONULUI | | | | | | | | | | | | |
| | NEREGULATA | 17,8 | 17,3 | 17 | 16,8 | 16,3 | 16 | 15,8 | 15,3 | 15 | 14,8 | 14,3 | 14 |
| | REGULATA | 5,8 | 3,3 | 5 | 4,8 | 4,3 | 4 | 3,8 | 3,3 | 3 | 2,8 | 2,3 | 2 |
| 3 | PILIERUL DINTRE CAM. DIRECȚ* | | | | | | | | | | | | |
| | 2 m | 0 | 0,1 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 3,2 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 5 |
| | 3 m | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 1,0 | 1,2 | 1,8 | 3 | 3 | 3,4 | 3,8 | 4 |
| | 4 m | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 1 | 1,5 | 4 | 4,2 | 4 | 3,8 | 3 |
| 4 | ÎNĂLȚIMEA SUBETAJELOR* | | | | | | | | | | | | |
| | 3 m | 5,2 | 5,1 | 5 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 4,3 | 4,2 | 4,1 | 4 |
| | 4 m | 4,2 | 4,1 | 4 | 3,8 | 3,7 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 3 |
| | 5 m | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 2 |

* Parametri ce se influențează reciproc.

Prin modelare s-a realizat evacuarea în diferite variante, determinîndu-se cantităţile pierderilor de minereu, aplicînd relaţia de mai sus (tab. 4; 5 şi 6).

*Tabelul 6*

**Determinarea pierderilor de minereu la filoanele $m_f > 15$ m**

| NR CRT | PARAMETRII URMĂRIŢI PE MODELE | LĂŢIMEA FILONULUI (m) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 1. | POZIŢIA GALERIEI DE SUBETAJ FAŢĂ DE FILON | | | | | | | | |
| | ÎN AFARA CONTURULUI | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| | PE CONTURUL FILONULUI | 4 | 3,5 | 3 | 3,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 1 |
| 2 | UNGHIUL DE ÎNCLINARE A FILONULUI | | | | | | | | |
| | $50° < \alpha < 60°$ | 12 | 11,8 | 11,5 | 10 | 10,8 | 10,5 | 9 | 9,8 |
| | $60° < \alpha < 70°$ | 8 | 7,8 | 7,5 | 7 | 6,8 | 6,5 | 6 | 5,8 |
| | $70° < \alpha < 80°$ | 5 | 4,8 | 4,5 | 3 | 3,8 | 3,5 | 2 | 1,8 |
| | $80° < \alpha < 90°$ | 3 | 2,8 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,5 | 1 | 0,8 |
| 3 | FORMA CORPULUI DE ZĂCĂMÎNT | | | | | | | | |
| | FORMĂ NEREGULATĂ | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| | FORMĂ REGULATĂ | 2 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 1 | 0,8 | 0,5 | 0,3 |
| 4 | ÎNĂLŢIMEA ÎNTRE SUBETAJE* | | | | | | | | |
| | 6 m | 3 | 2,8 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,5 | 1 | 0,8 |
| | 7 m | 4 | 3,8 | 3,5 | 3 | 2,8 | 2,5 | 2 | 1,8 |
| 5 | PILIERUL ÎNTRE GAL. TRANSV.* | | | | | | | | |
| | 6 m | 5 | 4,9 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 4,3 |
| | 5 m | 2 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |

* Parametrii ce se influenţează reciproc, funcţie de utilajul de perforare.

## Măsuri propuse pentru reducerea pierderilor

Pentru a reduce pierderile de rezervă geologică legate de această metodă de exploatare se vor evidenţia principalele măsuri în funcţie de parametrii analizaţi, după cum urmează.

**a.** Pentru filoanele cu grosimea 0,7 m $<$ $< m_f < 4{,}0$ m se va alege înălţimea între subetaje în aşa fel încît să se asigure condiţia ca explozivii de scurgere să fie tangenţi. În acest sens se va ţine seama de următoarele elemente:

— grosimea filonului;
— unghiul de înclinare al filonului;
— modul de amplasare a galeriilor de subetaj (pe contur, în steril, în filon).

Cînd aceşti elipsoizi de scurgere nu sînt tangenţi apar pierderi de minereu între ei, în timpul operaţiei de evacuare (fig. 7).

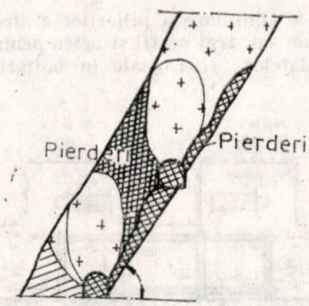



Fig. 7. Pierderile cînd se alege înălţimea între subetaje fără a se ţine seama de tangenţa elipsoizilor de scurgere.

**b.** Pentru filoanele cu grosimea $m_f > 15$m, unde se aplică varianta cu galerii (camere) transversale, înălţimea între subetaje se va alege în baza relaţiei;

$$h_s = m_f \cdot [\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} (\alpha - 20)] \cdot \sin \alpha,$$

care stabileşte o legătură matematică între grosimea filonului $m_f$ şi unghiul de înclinare $\alpha$.

Această relaţie stabileşte înălţimea dintre subetaje, în aşa fel încît elipsoizii de scurgere să fie tangenţi, asigurînd pierderi minime. Relaţia a fost dedusă din figura geometrică (fig. 8), formată din tangentele *CD* şi *EE* duse la elipsoizii de scurgere, pornite din două galerii de subetaj.

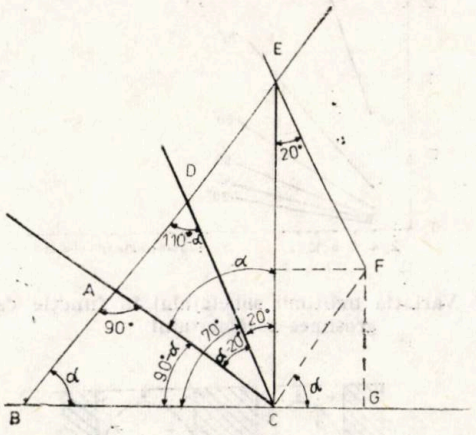



Fig. 8. Modul de determinare a înălţimii subetajului.

Din graficele prezentate în figurile 9 şi 10 se poate calcula înălţimea de abataj, funcţie de cele două elemente (grosimea şi înclinarea filonului), în diferite situaţii.

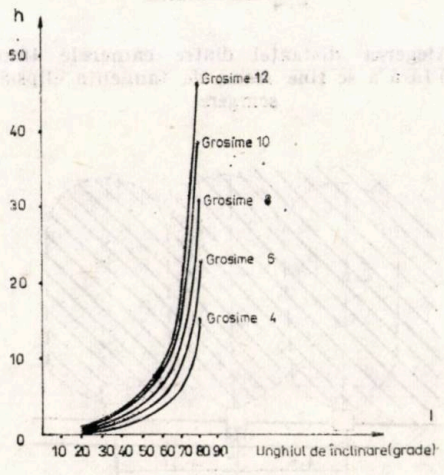



Fig. 9. Variaţia înălţimii subetajului în funcţie de unghiul de înclinare a filonului.

**c.** La filoanele cu grosimea $m_f > 15$ m, la varianta cu galerii (camere) transversale, poziţionarea acestora la nivelul subetajului să se facă în aşa fel încît pierderile de minereu să fie minime.

Pentru aceasta este necesar să se aleagă distanţa între ele astfel încît să asigure, de asemenea, condiţia ca elipsoizii de scurgere să fie tangenţi.

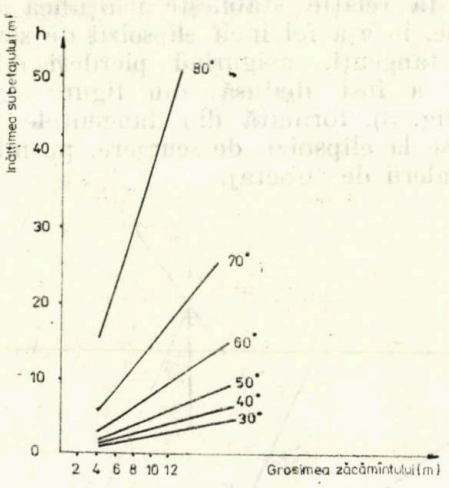



Fig. 10. Variația înălțimii subetajului în funcție de grosimea zăcământului.

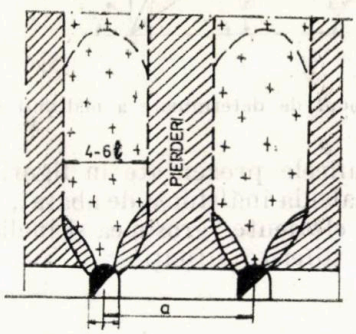



Fig. 11. Alegerea distanței dintre camerele transversale (evacuare) fără a se ține seama de tangența elipsoizilor de scurgere.

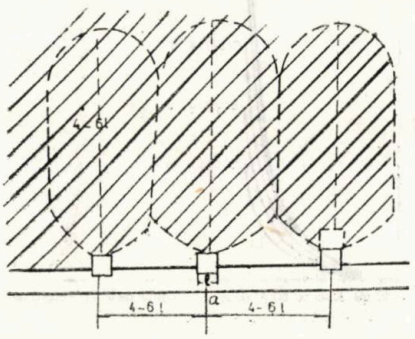



Fig. 12. Modul de evacuare prin pîlnii la ultimul subetaj.

**d.** La filoanele cu forme neregulate, cu îngroșări sau subțieri, pentru ca pierderile de rezervă geologică să fie minime, este necesar ca, înainte de începerea lucrărilor de exploatare la nivelul subetajului, acestea să fie conturate prin lucrări de pregătire.

**e.** Avînd în vedere că la varianta de exploatare pentru filoane cu grosimea $0{,}7 < m_f < 4{,}0$ m a început să se folosească sistemul de pregătire cu un suitor central și cu cîte un colector, de o parte și de alta a unui pilier de 3 m (fig. 13) la minele Ilba, Nistru și Turț, pentru reducerea pierderilor de rezervă geologică, se propune înlocuirea acestuia cu sistemul din figurile 14 și 15.

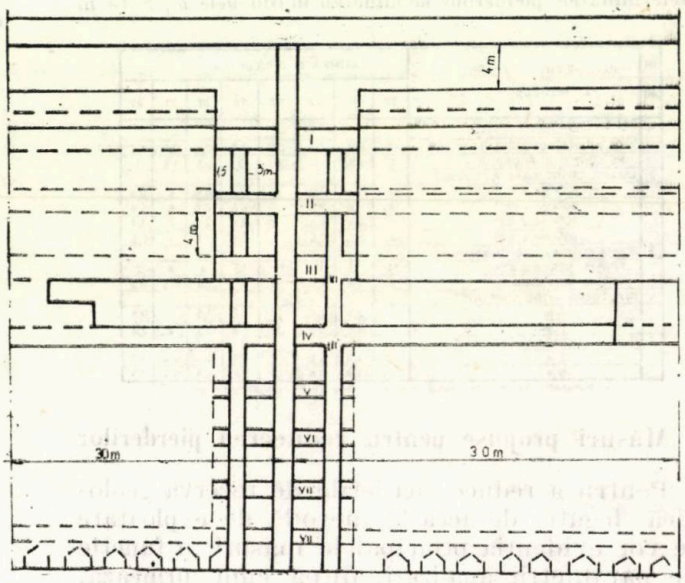



Fig. 13. Modul de amplasare a lucrărilor de pregătire pentru evacuarea minereului de la nivelul subetajului cu pilieri între suitorile de acces și colectoare.

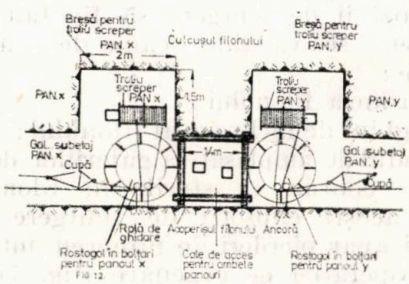



Fig. 14. Modul de eliminare a pilierilor dintre suitori prin execuția suitorilor cu trei secții și breșe pentru amplasarea utilajelor; rostogoale în boltari.

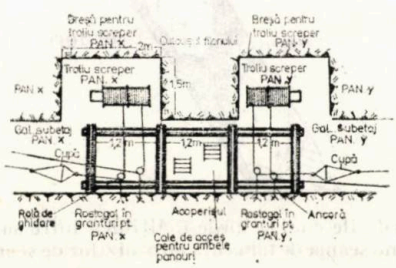



Fig. 15. Modul de eliminare a pilierilor dintre suitori prin execuția suitorilor cu trei secții și breșe pentru amplasarea utilajelor; rostogoale în lemn.

**f.** Pentru pilierii din galeria de bază, de la ultimul subetaj, se propune ca aceștia să fie recuperați, funcție de valoarea potențială a metalelor, cu sistemele de pregătire-susrupturi și pîlnieri (fig. 16) sau preabataje (fig. 17).

g. Pentru reducerea la minimum a pierderilor de rezervă geologică și de minereu industrial în funcție de efectul parametrilor analizați în procesul tehnologic va trebui să se impună măsuri, funcție de condițiile geologico-miniere ale zăcămîntului la care se aplică această metodă de exploatare.

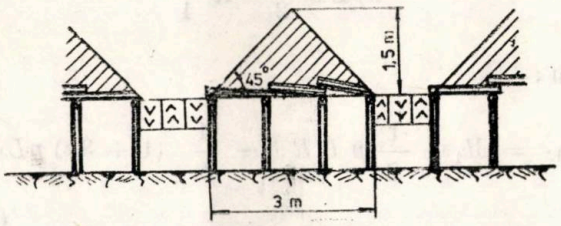



Fig. 16. Sistem de pregătire a abatajelor pentru evacuarea minereului prin suitori scurte (susrupturi) și rilnieri.

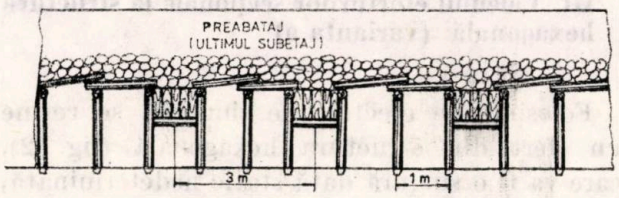



Fig. 17. Sistem de pregătire a abatajelor pentru evacuarea minereului prin preabataj susținut în lemn.

**Bibliografie**


[1] Georgescu, M. *Optimizarea metodelor de exploatare în subteran a zăcămintelor metalifere*. Ed. Tehnică, București, 1986.

[2] Lasdon, S. *Teoria optimizării sistemelor mari. (Bazele matematice ale cercetării operaționale)*. Ed. Tehnică, București, 1975.

[3] Covaci, Șt., Bădulescu, D. *Exploatări miniere în subteran. Exemple de calcul*. Ed. Tehnică, București, 1982.

[4] Popa, A. *Manualul inginerului de mine*. Ed. Tehnică, București, 1988.

[5] Drăgan, C. M. *Sistemul informațional în domeniul costurilor de producție*. Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1975.


# Studiul susținerii de formă hexagonală pentru galeriile exploatărilor miniere


Conf. dr. ing. **G. Petrescu**, asist. ing. **D. Ilincioiu**
Universitatea din Craiova
dr. ing. **C. Păsărin**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova


## I. Introducere

Zăcămintele de lignit din bazinul Olteniei prezintă o serie de caractere specifice care provoacă dificultăți în exploatarea subterană. Rocile friabile, combinate cu pînze freatice, încarcă excesiv, din punct de vedere mecanic, susținerea galeriilor, fapt ce impune un studiu mai atent al acesteia, combinat cu diverse îmbunătățiri constructive.

Reproiectarea susținerilor metalice trebuie să aibă drept rezultat imediat amplificarea capacității portante, reducerea consumului de metal, simplificarea tehnologiei de fabricație și montaj, adaptarea structurii de rezistență la condițiile concrete de exploatare.

Grosimea mică a unor strate de cărbune readuce inconvenientul micșorării sau chiar inexistenței ecranului protector la vatra și tavanul galeriilor. Aceasta a dus la ideea micșorării înălțimii galeriilor, fără o modificare de esență a tehnologiilor actuale. De aceea, se consideră că susținerea hexagonală, din profile metalice SG, întrunește aceste calități, în comparație cu susținerea circulară curent folosită, denumită și structură de bază [1].

În prezenta lucrare se studiază o structură de rezistență de formă hexagonală, fără precizarea detaliilor de natură constructivă.

## II. Ipoteze de lucru și scheme de calcul

Se ia în studiu o structură hexagonală rigidă, profilul metalic considerîndu-se continuu și de secțiune constantă (fig. 1). Într-un spațiu circu-

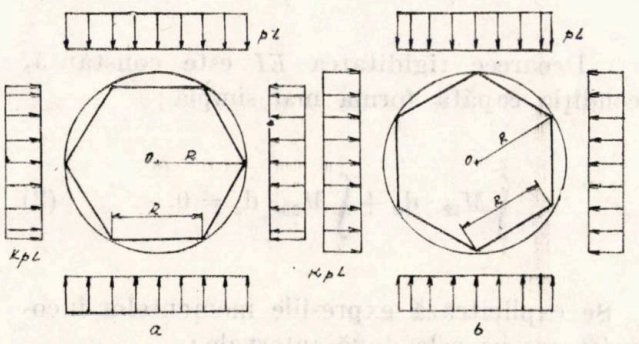



Fig. 1

iar, de rază $R$, structura hexagonală poate fi inscrisă ca în poziția *a* sau ca în poziția *b*, urmind a se studia comportarea sa în ambele variante.

*S*-au făcut următoarele notații:

- $p$ — presiunea pe direcția verticală;
- $k$ — coeficientul presiunii laterale, cu valori de la 0 la 1, în funcție de condițiile concrete din teren;
- $L$ — cîmpul de armare.

### III. Calculul eforturilor secţionale la structura hexagonală (varianta a)

Folosindu-se efectele de simetrie, se reţine un sfert din structura hexagonală (fig. 2), care va fi o singură dată static nedeterminată, întrucît forţele axiale din secţiunile *1* şi *2* rezultă din condiţiile de echilibru de proiecţii şi au valorile precizate pe figura 2.

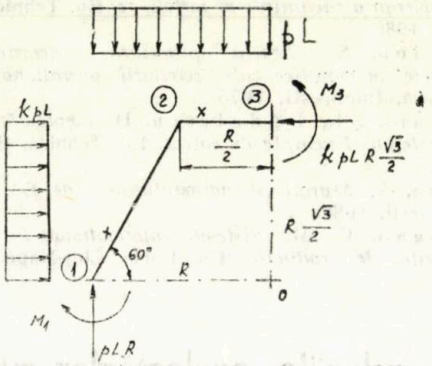



Fig. 2

Pentru ridicarea nedeterminării, se ţine seama de faptul că secţiunile *1* şi *3*, perpendiculare înainte de deformarea structurii, rămîn perpendiculare şi după deformare :

$$\Delta \frac{\pi}{2} = \int_1^2 \frac{M_{12} \cdot \mathrm{d}_x}{EI} + \int_2^3 \frac{M_{23} \cdot \mathrm{d}_x}{EI} = 0. \qquad (1)$$

Deoarece rigiditatea $EI$ este constantă, condiţia capătă forma mai simplă :

$$\int_1^2 M_{12} \cdot \mathrm{d}_x + \int_2^3 M_{23} \cdot \mathrm{d}_x = 0. \qquad (2)$$

Se explicitează expresiile momentelor încovoietoare pe cele două intervale :

$$M_{1\,2} = M_1 + p\,L\,R\,x \cos 60° -$$

$$- pLx \cdot \cos 60° \frac{x \cos 60°}{2} -$$

$$- kpL\,x \sin 60° \frac{x \sin 60°}{2}\,; \qquad (3)$$

$$M_{23} = M_1 + pLR\left(\frac{R}{2} + x\right) -$$

$$-\left(\frac{pLR}{2} + x\right) \cdot \frac{\frac{R}{2} + x}{2} -$$

$$- kpLR\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot R\frac{\sqrt{3}}{4} \qquad (4)$$

sau :

$$M_{12} = M_1 + \frac{1}{2} p\,L\,R\,x - \frac{1}{8}\,(1 + 3k)\,pLx^2\,; \qquad (5)$$

$$M_{23} = M_1 + \frac{3}{8}\,(1 - k)\,pLR^2 +$$

$$+ \frac{1}{2}\,pL\,Rx - \frac{1}{2}\,pLx^2. \qquad (6)$$

În acest fel, relaţia (2) devine :

$$\left| M_1 x + \frac{1}{4} pLRx^2 - \frac{1}{24}\,(1 + 3k)\,pLx^3 \right|_0^R +$$

$$+ \left| M_1 x + \frac{3}{8}\,(1 - k)\,pLR^2 x + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4} pLRx^2 - \frac{1}{6}\,pLx^3 \right|_0^{\frac{R}{2}} = 0, \qquad (7)$$

de unde se obţine :

$$M_1 = \frac{7 - 5k}{24}\,pLR^2, \qquad (8)$$

iar din relaţia (6), făcînd $x = \frac{R}{2}$,

rezultă :

$$M_3 = \frac{5 - 4k}{24}\,pLR^2. \qquad (9)$$

În continuare, se scriu expresiile eforturilor secţionale, pe cele două intervale ale sfertului de structură, care au următoarele forme finale :

$$N_{1\,2} = -\frac{\sqrt{3}}{2} pLR + \frac{\sqrt{3}}{4}\,(1 - k)\,pLx\,; \qquad (10)$$

$$T_{12} = \frac{1}{2} pLR - \frac{1}{4}(1 + 3k)\, pLx\,; \tag{11}$$

$$M_{12} = -\frac{7 - 5k}{24} pLR^2 + \frac{1}{2} pLRx - \frac{1}{8}(1 + 3k) pLx^2\,; \tag{12}$$

$$N_{23} = -\frac{\sqrt{3}}{2} kpLR\,; \tag{13}$$

$$T_{23} = \frac{1}{2} pLR - pLx\,; \tag{14}$$

$$M_{23} = \frac{1 - 2k}{12} pLR^2 + \frac{1}{2} pLRx - \frac{1}{2} pLx^2. \tag{15}$$

Se particularizează aceste formule pentru trei valori ale coeficientului $k$ și se calculează eforturile secționale la capetele intervalelor, ca și valorile maxime, respectiv pozițiile secțiunilor de anulare. Rezultatele sînt concentrate în tabelul 1, iar diagramele de eforturi corespunzătoare sînt reprezentate în figurile 3; 4 și 5.

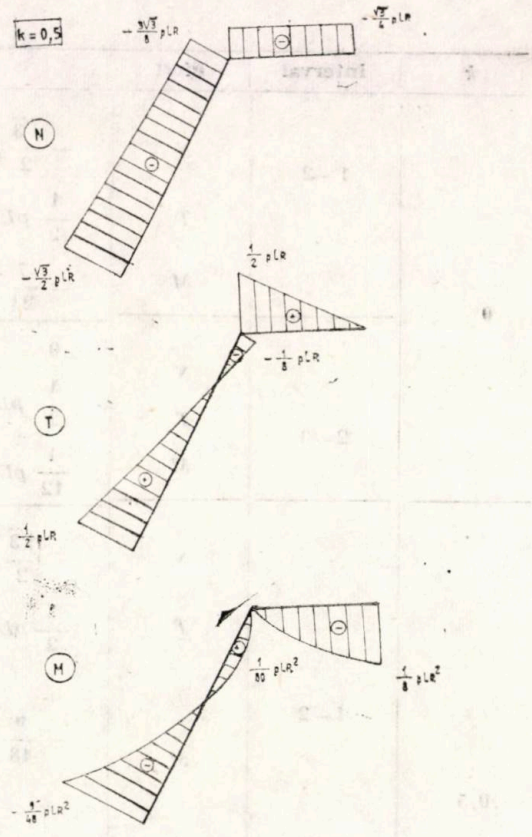



Fig 4

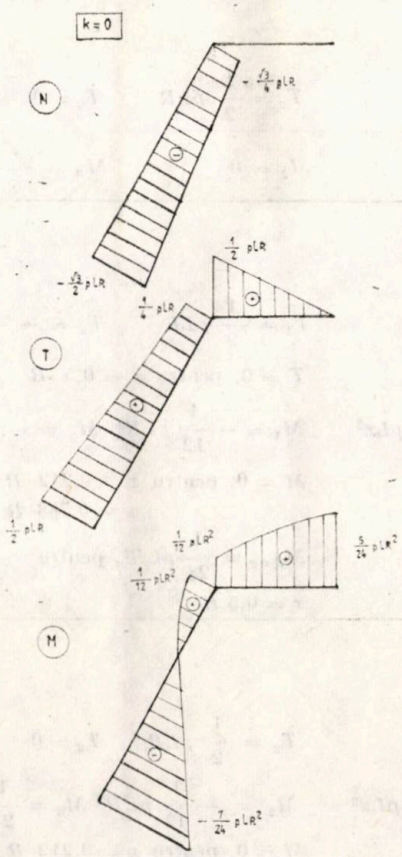



Fig. 3

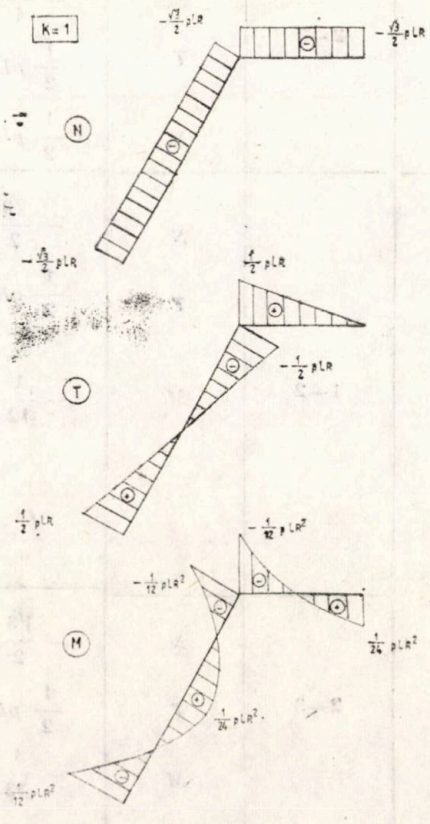



Fig. 5

*Tabelul 1*

| $k$ | Interval | Efort | Ecuația de efort și valori particulare | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1–2 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR+\frac{\sqrt{3}}{4}pLx$ | $N_1=-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR$ | $N_2=-\frac{\sqrt{3}}{4}pLR$ |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR-\frac{1}{4}pLx$ | $T_1=\frac{1}{2}pLR$ | $T_2=\frac{1}{4}pLR$ |
| | | $M$ | $-\frac{7}{24}pLR^2+\frac{1}{2}pLRx-\frac{1}{8}pLx^2$ | $M=0$, pentru $x=0{,}71\ R$ | |
| | 2–3 | $N$ | 0 | | |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR-pLx$ | $T_2=\frac{1}{2}pLR$ | $T_3=0$ |
| | | $M$ | $\frac{1}{12}pLR^2+\frac{1}{2}pLRx-\frac{1}{2}pLx^2$ | $M_2=\frac{1}{12}pLR^2$ | $M_3=\frac{5}{24}pLR^2$ |
| 0,5 | 1–2 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR+\frac{\sqrt{3}}{8}pLx$ | $N_1=-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR$ | $N_2=-\frac{3\sqrt{3}}{8}pLR$ |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR-\frac{5}{8}pLx$ | $T_1=\frac{1}{2}pLR$ | $T_2=-\frac{1}{8}pLR$ |
| | | | | $T=0$, pentru $x=0{,}8\ R$ | |
| | | $M$ | $-\frac{9}{48}pLR^2+\frac{1}{2}pLRx-\frac{5}{16}pLx^2$ | $M_1=-\frac{9}{48}pLR^2$ | $M_2=0$ |
| | | | | $M=0$, pentru $x=0{,}6\ R$ | |
| | | | | $M_{max}=\frac{1}{80}pLR^2$, pentru $x=0{,}8\ R$ | |
| | 2–3 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{4}pLR=\text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR-pLx$ | $T_2=\frac{1}{2}pLR$ | $T_3=0$ |
| | | $M$ | $\frac{1}{2}pLRx-\frac{1}{2}pLx^2$ | $M_2=0$ | $M_3=\frac{1}{8}pLR^2$ |
| 1 | 1–2 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR=\text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR-pLx^2$ | $T_1=\frac{1}{2}pLR$ | $T_2=-\frac{1}{2}pLR$ |
| | | | | $T=0$, pentru $x=0{,}5\ R$ | |
| | | $M$ | $-\frac{1}{12}pLR^2+\frac{1}{2}pLRx-\frac{1}{2}pLx^2$ | $M_1=-\frac{1}{12}pLR^2$ | $M_3=-\frac{1}{12}pLR^2$ |
| | | | | $M=0$, pentru $x=0{,}212\ R$ și $x=0{,}788\ R$ | |
| | | | | $M_{max}=\frac{1}{24}pLR^2$, pentru $x=0{,}5\ R$ | |
| | 2–3 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR=\text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR-pLx$ | $T_2=\frac{1}{2}pLR$ | $T_3=0$ |
| | | $M$ | $-\frac{1}{12}pLR^2+\frac{1}{2}pLRx-\frac{1}{2}pLx^2$ | $M_2=-\frac{1}{12}pLR^2$ | $M_3=\frac{1}{24}pLR^2$ |
| | | | | $M=0$, pentru $x=0{,}212\ R$ | |

## IV. Calculul eforturilor secționale la structura hexagonală (varianta b)

Și în această variantă, folosind efectele de simetrie, se reține un sfert al structurii hexagonale (fig. 6), care este, de asemenea, o singură dată static nedeterminată.

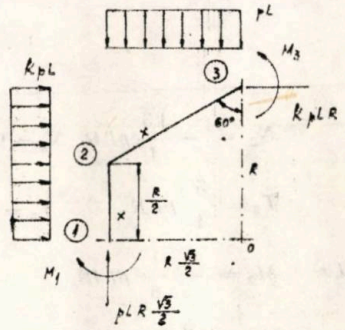


Fig. 6

Printr-o demonstrație cu totul similară celei din paragraful precedent, se determină momentele încovoietoare din secțiunile ce delimitează sfertul de structură :

$$M_1 = \frac{5k-4}{24} pLR^2; \qquad (16)$$

$$M_3 = -\frac{7k-5}{24} pLR^2. \qquad (17)$$

În această variantă, expresiile eforturilor secționale, pe cele două intervale, sînt :

$$N_{12} = -\frac{\sqrt{3}}{2} pLR; \qquad (18)$$

$$T_{12} = -kpLx; \qquad (19)$$

$$M_{12} = \frac{5k-4}{24} pLR^2 - \frac{1}{2} kpLx^2; \qquad (20)$$

$$N_{23} = -\frac{\sqrt{3}}{4}(1+k)\,pLR + \frac{\sqrt{3}}{4}(1-k)pLx; \qquad (21)$$

$$T_{23} = \frac{1}{4}(3-k)\,pLR - \frac{1}{4}(3+k)pLx; \qquad (22)$$

$$M_{23} = \frac{k-2}{12} pLR^2 + \frac{1}{4}(3-k)\,pLRx - \frac{1}{8}(3+k)pLx^2. \qquad (23)$$

Expresiile eforturilor secționale, pentru trei valori ale coeficientului $k$, precum și unele valori particulare sînt concentrate în tabelul 2, iar diagramele de eforturi corespunzătoare sînt reprezentate în figurile 7 ; 8, 9.

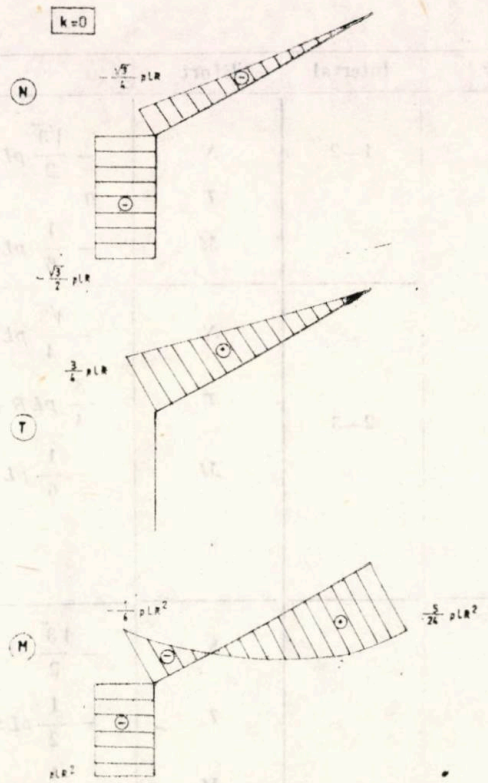


Fig. 7

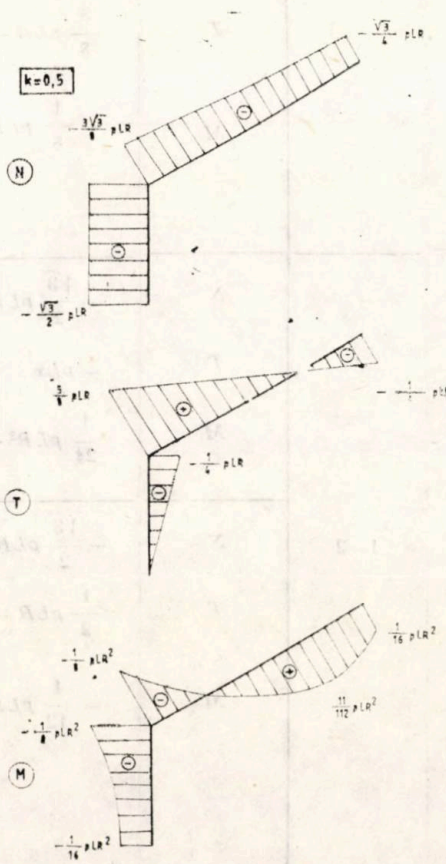


Fig. 8

*Tabelul 2*

| $k$ | Interval | Efort | Ecuația de efort și valori particulare | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1–2 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR = \text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $0$ | | |
| | | $M$ | $-\frac{1}{6}pLR^2 = \text{const.}$ | | |
| | 2–3 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{4}pLR + \frac{\sqrt{3}}{4}pLx$ | $N_2 = -\frac{\sqrt{3}}{4}pLR$ | $N_3 = 0$ |
| | | $T$ | $\frac{3}{4}pLR - \frac{3}{4}pLx$ | $T_2 = \frac{3}{4}pLR$ | $T_3 = 0$ |
| | | $M$ | $-\frac{1}{6}pLR^2 + \frac{3}{4}pLRx - \frac{3}{8}pLx^2$ | $M_2 = -\frac{1}{6}pLR^2$ | |
| | | | | $M_3 = \frac{5}{24}pLR^2$ | |
| | | | | $M = 0$, pentru $x = 0{,}256\ R$ | |
| 0,5 | 2–3 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR = 6\ \text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $-\frac{1}{2}pLx$ | $T_1 = 0$ | $T_2 = -\frac{1}{4}pLR$ |
| | | $M$ | $-\frac{1}{16}pLR^2 - \frac{1}{4}pLx^2$ | $M_1 = -\frac{1}{16}pLR^2$ | $M_2 = -\frac{1}{8}pLR^2$ |
| | 2–3 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{8}pLR + \frac{\sqrt{3}}{8}pLx$ | $N_2 = -\frac{3\sqrt{3}}{8}pLR$ | $N_3 = -\frac{\sqrt{3}}{4}pLR$ |
| | | $T$ | $\frac{5}{8}pLR - \frac{7}{9}pLx$ | $T_2 = \frac{5}{8}pLR$ | $T_3 = -\frac{1}{4}pLR$ |
| | | | | $T = 0$, pentru $x = 0{,}714\ R$ | |
| | | $M$ | $-\frac{1}{8}pLR^2 + \frac{5}{8}pLRx - \frac{7}{16}pLx^2$ | $M_2 = -\frac{1}{8}pLR^2$ | $M_3 = \frac{1}{16}pLR^2$ |
| | | | | $M = 0$, pentru $x = 0{,}257\ R$ | |
| | | | | $M_{max} = \frac{11}{112}pLR^2$ pentru $x = 0{,}714\ R$ | |
| 1 | 1–2 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR = \text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $-pLx$ | $T_1 = 0$ | $T_2 = -\frac{1}{2}pLR$ |
| | | $M$ | $\frac{1}{24}pLR^2 - \frac{1}{2}pLx^2$ | $M_1 = \frac{1}{24}pLR^2$ | $M_2 = -\frac{1}{12}pLR^2$ |
| | | | | $M = 0$, pentru $x = 0{,}301\ R$ | |
| | 1–2 | $N$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}pLR = \text{const.}$ | | |
| | | $T$ | $\frac{1}{2}pLR - pLx$ | $T_2 = \frac{1}{2}pLR$ | $T_3 = -\frac{1}{2}pLR$ |
| | | | | $T = 0$, pentru $x = 0{,}5\ R$ | |
| | | $M$ | $-\frac{1}{12}pLR^2 + \frac{1}{2}pLRx - \frac{1}{2}pLx^2$ | $M_2 = -\frac{1}{2}pLR^2$ | $M_3 = -\frac{1}{12}pLR^2$ |
| | | | | $M = 0$, pentru $x = 0{,}212\ R$ și $x = 0{,}788\ R$ | |
| | | | | $M_{max} = \frac{1}{24}pLR^2$, pentru $x = 0{,}5\ R$. | |

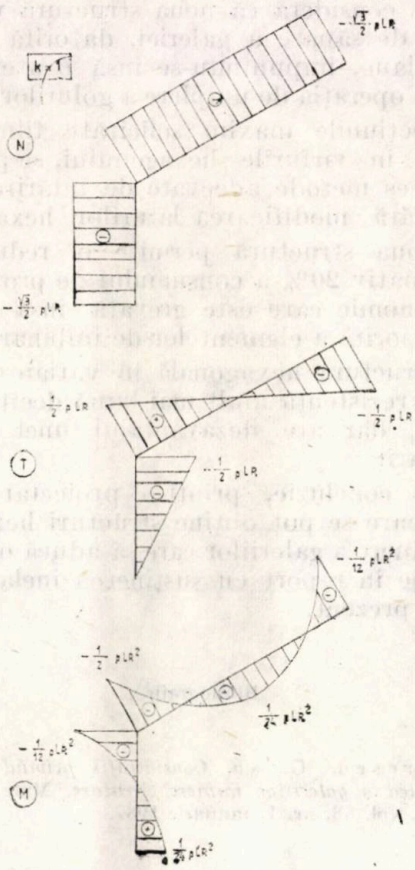


Fig. 9

*Tabelul 3*

| Coeficientul presiunii laterale, $k$ | Efortul maxim | Variante de calcul | | |
|---|---|---|---|---|
| | | a | b | c |
| 0 | $N$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} pLR$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} pLR$ | $pLR$ |
| | $T$ | $\frac{1}{2} pLR$ | $\frac{3}{4} pLR$ | $\frac{1}{2} pLR$ |
| | $M$ | $\frac{7}{24} pLR^2$ | $\frac{5}{24} pLR^2$ | $\frac{1}{4} pLR^2$ |
| 0,5 | $N$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} pLR$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} pLR$ | $pLR$ |
| | $T$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{8}$ | $\frac{1}{4} pLR$ |
| | $M$ | $\frac{9}{48} pLR$ | $\frac{1}{8} pLR^2$ | $\frac{1}{8} pLR^2$ |
| 1 | $N$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} pLR$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} pLR$ | $pLR$ |
| | $T$ | $\frac{1}{2} pLR$ | $\frac{1}{2} pLR$ | 0 |
| | $M$ | $\frac{1}{12} pLR^2$ | $\frac{1}{12} pLR^2$ | 0 |

## V. Elemente comparative pentru susținerea hexagonală și susținerea inelară

Pentru a se putea evalua eficiența susținerii de tip hexagonal, în cele două variante prezentate, se face compararea acesteia cu susținerea inelară metalică, utilizată în mod curent, numită și structură de bază, care a fost studiată detaliat în lucrarea [1].

În acest scop, tabelul 3 concentrează valorile eforturilor secționale maxime pentru cele trei variante, în care varianta structurii de bază a fost notată cu litera **c**.

Din analiza comparativă a valorilor eforturilor secționale maxime, pentru variantele **a** și **b**, rezultă următoarele :

— forța axială maximă este aceeași, pentru ambele variante, și nu depinde de valoarea coeficientului $k$ ;

— forța tăietoare maximă, la varianta **a**, nu depinde de valoarea coeficientului $k$ ; în schimb, la varianta **b**, forța tăietoare maximă este mai mare cu 50%, față de varianta **a**, pentru $k = 0$, este mai mare cu 25%, pentru $k = 0{,}5$ și devine egală cu cea din varianta **a**, pentru $k = 1$ ;

— momentul încovoietor maxim scade, la ambele variante, pe măsură ce coeficientul $k$ crește ; el este mai mare cu 40%, pentru varianta **a**, față de varianta **b**, cînd $k = 0$, cu 50%, cînd $k = 0{,}5$ și valorile sînt egale pentru $k = 1$ ;

— deoarece solicitarea principală a structurii hexagonale este determinată de fenomenul de încovoiere, rezultă că varianta **b** este mult mai convenabilă decît varianta **a**, asigurînd pentru presiuni neuniforme ale rocilor, așa cum este cel mai des cazul, o portanță sporită cu 40—50%.

Avînd în vedere cele de mai sus, se face acum o comparație între varianta **b** și varianta **c** :

- la ambele variante, forța axială maximă este independentă de valoarea coeficientului $k$ ; însă, la varianta **b**, forța axială maximă este cu 13,5% mai mică decît valoarea corespunzătoare variantei **c** ;
- forța tăietoare, la varianta **b**, rămîne mereu mai mare decît la varianta **c**, cu 50%, pentru $k = 0$, cu 150% pentru $k = 0{,}5$, iar pentru $k = 1$ forța tăietoare la varianta **c** este nulă ;
- momentul încovoietor maxim este cu 83% mai mare la varianta **b**, față de varianta **c**, pentru $k = 0$, valorile sînt egale, pentru

$k = 0{,}5$, iar pentru $k = 1$ momentul încovoietor la varianta **c** este nul, în timp ce la varianta **b** păstrează o valoare destul de mică;

— deoarece realitatea din teren face ca valorile lui $k$ să fie situate în jurul lui 0,5, rezultă că în acest caz capacitatea portantă a variantei **b** este comparabilă cu a variantei **c**.

### Concluzii

**1.** Din punctul de vedere al exploatării stratelor subțiri de cărbune, structura hexagonală în varianta **a** se dovedește foarte potrivită, ea implicînd o extindere pe verticală cu 13,5% mai mică, față de variantele **b** și **c** (1,73 $R$, față de 2 $R$).

**2.** În ce privește tehnologia de fabricație, structura hexagonală elimină operația de curbare a profilului metalic și ușurează transportul elementelor prin galerii.

**3.** Proiectarea unor elemente de îmbinare, specifice structurii analizate, nu ridică probleme deosebite. Acestea vor fi însă mai dificil de fabricat decît bridele folosite actual la structura inelară. Dezavantajul va fi compensat de faptul că ele pot contribui substanțial la creșterea portanței, prin întărirea lor, nu și a restului structurii.

**4.** Se consideră că noua structură va ușura munca de săpare a galeriei, datorită suprafețelor plane, impunîndu-se însă o atenție mai mare la operația de umplere a golurilor.

**5.** Secțiunile maxim solicitate fiind întotdeauna în vîrfurile hexagonului, se pot folosi cu succes metode adecvate de întărire a acestora, fără modificarea laturilor hexagonului.

**6.** Noua structură permite o reducere cu aproximativ 20% a consumului de profil metalic, economie care este grevată însă de greutatea sporită a elementelor de îmbinare.

**7.** Structura hexagonală în varianta **b** prezintă o rezistență mult mai bună decît în varianta **a**, dar are dezavantajul unei înălțimi mai mari.

**8.** În concluzie, printr-o proiectare corespunzătoare se pot obține structuri hexagonale de susținere a galeriilor care să aducă o serie de avantaje în raport cu susținerea inelară, folosită în prezent.

### Bibliografie


[1] Petrescu, G. ș.a. *Considerații privind susținerea metalică a galeriilor miniere circulare.* Mine, Petrol și Gaze, vol. 38, nr. 1, ianuarie 1987.


# Cercetări privind construcția, fabricația și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu (I)


Conf. dr. ing. **V. Ulmanu**, șef lucr. dr. ing. **Gh. Zecheru**, șef. lucr. dr. ing. **Gh. Drăghici**, conf. dr. ing. **M. Marcu**, asist. ing. **M. Minescu**, asist. ing. **V. Ispas**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


## I. Prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu — o tehnică cu multiple avantaje

Adîncimea maximă ce poate fi atinsă la efectuarea unei lucrări de foraj se poate estima primordial punînd condiția de rezistență a garniturii de foraj la acțiunea greutății proprii. Astfel, dacă se consideră o lucrare de foraj în care se utilizează un fluid de foraj cu greutatea specifică $\gamma_f$ și o garnitură de foraj (de secțiune constantă) dintr-un material avînd greutatea specifică $\gamma_p$ și limita de curgere $R_{p0,2}$ și se impune ca tensiunile axiale ce se dezvoltă în corpul prăjinilor situate la partea superioară a garniturii, sub acțiunea greutății proprii a acesteia, să nu depășească o valoare admisibilă (calculată raportînd $R_{p0,2}$ la un coeficient de siguranță $c$), lungimea maximă de formare a garniturii de foraj $l$ (și deci adîncimea maximă la care se poate fora) rezultă din relația:

$$l = (R_{p0,2}/c)/(\gamma_p - \gamma_f). \qquad (1)$$

Cu toate că veridicitatea practică a evaluărilor cantitative efectuate cu ajutorul relației (1) este influențată substanțial de ipotezele simplificatoare admise la stabilirea ei (garnitura de foraj are secțiune constantă pe toată lungimea, forajul se execută în găuri perfect verticale etc.), această relație rămîne importantă prin evidențierea clară a factorilor care pot determina sporirea lungimii de formare a garniturilor de foraj: creșterea caracteristicilor de rezistență ale materialelor din care se confecționează componentele garniturii (creșterea $R_{p0,2}$) și/sau utilizarea unor garnituri de foraj realizate din aliaje ușoare (cu greutate specific scăzută), cum ar fi aliajele pe bază de titan

$\gamma_{Ti} = 4{,}45 \cdot 10^4$ N/m$^3$), aluminiu ($\gamma_{Al} = 2{,}74 \cdot 10^4$ N/m$^3$) sau magneziu ($\gamma_{Mg} = 1{,}71 \cdot 10^4$ N/m$^3$).

Datele furnizate de aplicarea relației (1), privind lungimile posibile de formare a garniturilor de foraj din oțeluri —O— (materialele cu utilizare tradițională la confecționarea componentelor garniturilor de foraj), aliaje pe bază de titan — T — și aliaje pe bază de aluminiu — A —, sînt prezentate în figura 1; diagramele reprezentate în figura 1, ce țin seama atît

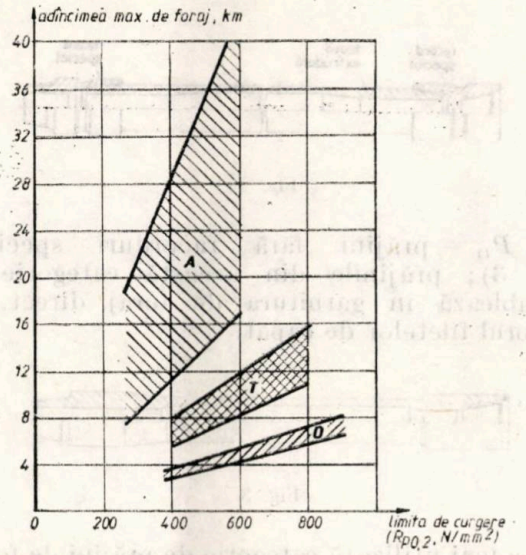



Fig. 1

de influențele modificării densității fluidelor de foraj (în limitele $\rho_f = 1 \ldots 2$ kg/dm$^3$), cît și de extinderile intervalelor de încadrare a limitei de curgere $R_{p0,2}$ în cadrul fiecăreia din clasele de aliaje considerate — determinate de posibilitățile tehnologice actuale de influențare a acestei caracteristici (prin modificarea rețetei de aliere, procedeului de elaborare a aliajelor, procedeului de fabricare a componentelor garniturii de foraj, tehnologiei de tratament termic etc.) — evidențiază următoarele aspecte:

- aliajele pe bază de aluminiu sînt cele ce pot asigura realizarea celor mai mari lungimi ale garniturilor de foraj (deși aliajele titanului prezintă caracteristici de rezistență mult superioare $R_{p0,2} = 490 \ldots 1\,080$ N/mm$^2$);
- lungimea maximă de formare a garniturilor de foraj din oțeluri de înaltă rezistență (de exemplu, S—135 cu $R_{p0,2} = 1\,030$ N/mm$^2$) reprezintă aproximativ 30% din cea corespunzătoare garniturilor din aliaje pe bază de aluminiu;
- influența densității fluidului de foraj asupra lungimii de formare a garniturilor de foraj este diferită în funcție de tipul materialului prăjinilor de foraj, fiind maximă la prăjinile de foraj din aliaje pe bază de aluminiu; de exemplu, considerînd $R_{p0,2} = 325$ N/mm$^2$, prin creșterea densității fluidului de foraj de la 1 la 2 kg/dm$^3$ se obține o mărire de 2,3 ori a lungimii de formare a garniturii de foraj din aliaje pe bază de aluminiu.

Posibilitatea creșterii însemnate a lungimii garniturilor de foraj a constituit argumentul primar care a condus la ideea realizării prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu. Materializarea acestei idei a impus considerarea și elucidarea unui întreg complex de aspecte și probleme, din care se menționează: alegerea clasei de aliaje de aluminiu compatibile cu utilizarea la realizarea prăjinilor de foraj; proiectarea configurației geometrico-dimensionale a prăjinilor; elaborarea tehnologiilor de execuție și tratament termic ale prăjinilor; proiectarea filetelor de capăt ale prăjinilor și a tehnologiilor de prelucrare și control a acestora; stabilirea influenței temperaturii de lucru (crescătoare odată cu adîncimea de foraj datorită existenței cunoscute a gradientului geotermic) asupra caracteristicilor de rezistență ale prăjinilor de foraj; stabilirea influențelor mediului de lucru asupra comportării în exploatare a prăjinilor de foraj; alegerea metodei de control nedistructiv al prăjinilor de foraj (pentru stabilirea stării defectologice a prăjinilor și estimarea durabilității lor în exploatare). Deoarece abordarea fiecăruia dintre aspectele și problemele legate de realizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu a condus la mai multe soluții tehnic posibile, au fost proiectate și fabricate pe plan mondial mai multe variante de prăjini de foraj de acest tip; s-a constatat însă că, indiferent de varianta constructiv-tehnologică adoptată, costul unor astfel de prăjini este mai mare (în medie cu 50%) decît al prăjinilor de foraj confecționate din oțeluri. Utilizarea la lucrările de foraj a prăjinilor din aliaje de aluminiu a evidențiat că dezavantajul costului mai ridicat este compensat de o multitudine de avantaje, cum ar fi:

— reducerea costului instalațiilor de foraj folosite și economisirea de combustibili și energie electrică la acționarea acestora, datorită micșorării puterilor necesare pentru rotirea și manevra garniturilor de foraj;

— micșorarea costurilor legate de transportul echipamentelor de foraj pe locațiile lucrărilor (mai ales în cazul lucrărilor prevăzute în zone greu accesibile);

— micșorarea solicitărilor pompelor de foraj datorită rezistențelor hidraulice mai reduse la circulația fluidelor de foraj prin garniturile de foraj cu prăjini din aliaje de aluminiu;

— sporirea sarcinii la cîrlig disponibile în caz de avarii, datorită greutății mai mici a garniturilor de foraj;

— reducerea uzurii îmbinărilor filetate (dintre prăjinile de foraj) în cursul operațiilor de înșurubare și deșurubare, datorită greutății mici a

pașilor garniturii de foraj (la utilizarea prăjinilor din aliaje de aluminiu în locul celor din oțel, pașii garniturii de foraj au greutăți mai mici de aproximativ 2,5 ori, iar uzura îmbinărilor filetate la efectuarea unui ciclu de înșurubare-deșurubare este cam de 2 ori mai mică);

— posibilitatea efectuării măsurătorilor de deviație a găurii de sondă prin metode magnetice (datorită caracterului nemagnetic al materialului prăjinilor de foraj);

— asigurarea unei mai bune durabilități a garniturilor de foraj în cazul forajului direcțional (modulul de elasticitate al aliajelor de aluminiu fiind mai mic de aproximativ 2,8 ori decît al oțelurilor, la deformații mecanice egale prăjinile din astfel de aliaje au durabilități la oboseală de 5...10 ori mai mari decît prăjinile confecționate din oțel);

— tendință mai redusă spre ruperea fragilă a prăjinilor din aliaje de aluminiu față de cea manifestată de prăjinile executate din oțeluri de înaltă rezistență;

— comportarea bună la coroziune (în aer și în fluide de foraj cu compoziția chimică și alcalinitatea controlate).

Toate avantajele menționate au condus la concluzia că prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu reprezintă o soluție tehnică cu importanță practică majoră. Ca urmare, astfel de prăjini sînt utilizate în prezent în proporție apreciabilă în țări cu volum mare al lucrărilor de foraj (în U.R.S.S. se folosesc la peste 50%, iar în S.U.A. la peste 11% din lucrările de foraj ce se execută, sondele forate avînd adîncimile cuprinse între 5 000 m și 12 000 m, [4; 5]) și sînt fabricate în multe țări industriale avansate (U.R.S.S., S.U.A., Japonia, Franța). Deoarece în prezent în țara noastră se află în curs de asimilare fabricarea și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, prezenta lucrare își propune să prezinte datele tehnice (furnizate de literatura de specialitate și rezultate din cercetările proprii ale autorilor) de interes pentru viitorii producători și beneficiari ai acestor echipamente petroliere.

## II. Caracteristicile constructive ale prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu

### 1. *Tipuri constructive și tipodimensiuni*

Analiza realizărilor existente în domeniul prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu evidențiază că soluțiile constructive adoptate pentru astfel de echipamente prezintă următoarele caracteristici generale comune: configurația prăjinilor este de tipul țeavă cu capete îngroșate; prăjinile sînt prevăzute la capete cu filete de asamblare; opțional, în zona de mijloc (supusă mai intens fenomenelor de uzură abrazivă ce apar în exploatare), prăjinile au îngroșări exterioare.

În funcție de rolul filetelor de la capete, determinat de modul de asamblare a prăjinilor în garnitura de foraj, prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu pot fi clasificate în două categorii:

— $P_I$ — prăjini prevăzute cu racorduri speciale (fig. 2); prăjinile din această categorie au montate la capete, prin înfiletare, racorduri speciale cu ajutorul cărora se realizează asamblarea prăjinilor în garnitura de foraj;

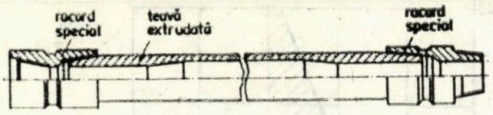



Fig. 2

— $P_{II}$ — prăjini fără racorduri speciale (fig. 3); prăjinile din această categorie se asamblează în garnitura de foraj direct, cu ajutorul filetelor de capăt.

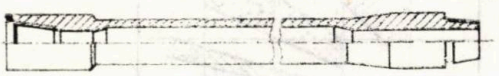


Fig. 3

Cea mai utilizată categorie de prăjini de foraj din aliaje de aluminiu este $P_I$. Țevile extrudate pentru prăjinile din această categorie pot fi clasificate funcție de tipul îngroșărilor de la capete în trei grupe: *II* — țevi cu îngroșări la interior; *IE* — țevi cu îngroșări la exterior; *IEI* — țevi cu îngroșări la exterior și interior.

Racordurile speciale cu care se dotează majoritatea tipurilor constructive de prăjini de foraj din aliaje de aluminiu sînt realizate din oțeluri, această soluție fiind justificată de următoarele argumente:

- pentru racordurile din astfel de materiale se cunosc toate variantele constructiv-tehnologice cu performanțe ridicate în exploatare, deoarece garniturile de foraj cu prăjini din oțel și racorduri speciale înfiletate au deținut timp îndelungat o pondere însemnată în practica forajului;
- la confecționarea racordurilor speciale se pot folosi oțeluri aliate cu caracteristici ridicate de rezistență la solicitările din exploatare;
- racordurile speciale din oțel pot fi durificate superficial prin încărcarea suprafețelor exterioare cu materiale dure (carburi metalice), în vederea asigurării unei bune comportări la uzare a acestora în timpul utilizării;
- pentru racordurile speciale din oțeluri sînt cunoscute tehnologiile optime de recondiționare și refolosire.

Îmbinările filetate dintre țeava extrudată și racordurile speciale nu au în prezent tipodimensiuni unanim acceptate de producătorii de prăjini de foraj din aliaje de aluminiu ; normele ce reglementează caracteristicile unor astfel de echipamente conțin în această privință formulări de forma : „tipul și dimensiunile filetelor de asamblare dintre țevile extrudate (din aliaje de aluminiu) și racordurile speciale (din oțeluri) se stabilesc prin acord între executantul și beneficiarul prăjinilor de foraj", [6]. Cu toate acestea, la majoritatea variantelor constructive actuale de prăjini de foraj din aliaje de aluminiu s-a adoptat pentru asamblarea țeavă extrudată—racorduri speciale îmbinarea filetată conică de tip „cu triplu blocaj" (fig. 4), caracterizată prin :

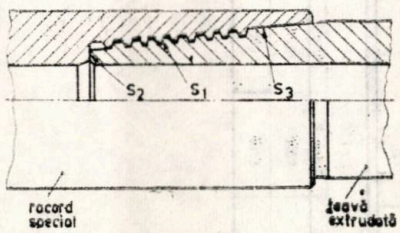



Fig. 4

— realizarea asamblării prin intermediul unui filet conic cu profil trapezoidal $S_1$ ;

— asigurarea unui efect de descărcare a îmbinării conice și unei bune etanșeități a acesteia prin rezemarea suprafeței frontale a țevii extrudate pe un umăr special practicat la interiorul racordului $S_2$ și prin realizarea unei strîngeri între suprafețele netede, cilindrice sau conice, executate în prelungirea filetelor de pe țeava extrudată și racordul special $S_3$.

Aspectele generale prezentate pot fi evidențiate printr-o analiză globală a prescripțiilor cuprinse în principalele standarde și norme ce reglementează în prezent construcția țevilor extrudate din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj. Astfel :

**A.** Standardul [7] prescrie că țevile extrudate din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj prevăzute cu racorduri speciale pot fi executate în două variante constructive — cu capete îngroșate la interior (simbol TB) și cu capete îngroșate la interior și îngroșare centrală la exterior (simbol TBP) — cu dimensiunile prezentate în tabelul 1. Același standard precizează că țevile pot fi încadrate în două clase de rezistență — cu rezistență normală (fără simbol) și cu rezistență ridicată (simbol PP) — și pot fi livrate fără filete (la configurația prezentată în tabelul 1) sau cu filete la capete și cu racordurile speciale din oțel asamblate prin înfiletare (așa cum se arată în fig. 2).

**B.** Norma internațională [6] prescrie că țevile extrudate din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj cu racorduri speciale din oțel pot fi fabricate în două variante constructive — cu capete îngroșate la exterior și cu capete îngroșate la interior — cu dimensiunile redate în tabelul 2. Norma mai precizează că țevile se încadrează, funcție de caracteristicile asigurate de aliajul de aluminiu din care sînt executate, în trei grupe — grupa I, fără cerințe speciale privind rezistența la coroziune și rezistența termică, grupa II, cu rezistență ridicată la coroziune și grupa III, cu rezistență termică ridicată — și pot fi livrate în stare extrudată, în stare extrudată și filetate la capete sau ca țevi extrudate, filetate și cu racordurile speciale din oțel montate (stare ce corespunde configurațiilor schițate în tabelul 2).

**C.** Normativul [8] precizează că firma Reynolds Aluminum fabrică țevi din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj cu racorduri speciale din oțel numai în varianta cu capete îngroșate la exterior (în scopul asigurării unei secțiuni interioare maxime de circulație a fluidelor de foraj) și prezentînd particularitatea că (pentru asigurarea unor suprafețe de prindere în pene a prăjinilor, fig. 5) trecerea de la capete îngroșate la corpul țevii se face prin două zone conice lungi ; principalele dimensiuni ale țevilor de acest tip sînt redate în tabelul 3.

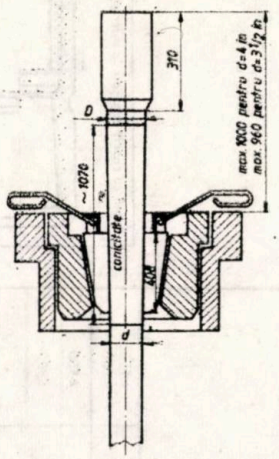
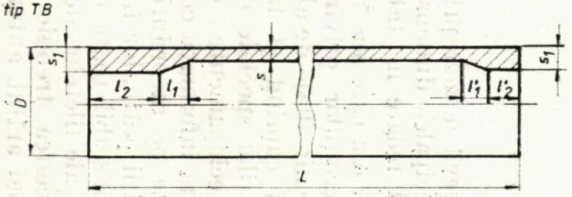



Fig. 5

Standardele și normele din care s-a redat în sinteză conținutul prescripțiilor privind construcția țevilor extrudate din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj cuprind și indicații privind alegerea racordurilor speciale din oțel pentru dotarea acestor echipamente ; cu ajutorul acestora se pot obține informații complete privind filetele executate pe racordurile speciale în vederea asamblării prăjinilor în garnitura de foraj, dar nu se pot stabili toate detaliile constructiv-dimensionale ale filetelor de asamblare prăjină-racord (acestea trebuie să fie realizate, așa cum s-a mai arătat anterior, pe baza soluțiilor stabilite de comun acord de către producătorul și beneficiarul prăjinilor).

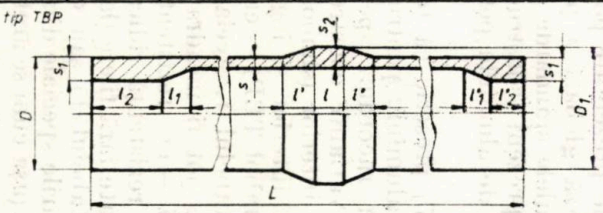
*Tabelul 1*

Teavă tip TB




| D | s ± 0,1s | $s_1$ | $l_2$ $^{+200}_{-50}$ | $l'_2$ $^{+100}_{-50}$ | L $^{+150}_{-200}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 54 ± 0,6 | 7,5 | 13 ± 1,3 | 150 | 150 | 4500 |
| 64 $^{+1,5}_{-0,5}$ | 8,0 | 13 $^{+1,5}_{-1,0}$ | 200 | 200 | 5300 |
| 73 $^{+1,5}_{-0,5}$ | 9,0 | 16 $^{+2,0}_{-1,0}$ | | | 9000 |
| 90 $^{+1,5}_{-0,5}$ | 9,0 | 16 $^{+2,0}_{-1,0}$ | | | |
| 103 $^{+1,5}_{-1,0}$ | 9,0 | 15 $^{+2,0}_{-1,0}$ | 250 | 250 | |
| 108 $^{+1,5}_{-1,0}$ | 9,0 | 25 $^{+2,5}_{-1,5}$ | 1000 | | |
| 114 $^{+2,0}_{-1,0}$ | 10,0 | 15 $^{+2,0}_{-1,0}$ | 1300 | | 12 000 |
| 129 $^{+2,0}_{-1,0}$ | 9,0 | 15 $^{+2,0}_{-1,0}$ | | | |
| | 11,0 | 17 $^{+2,5}_{-1,5}$ | | | |
| 147 $^{+2,0}_{-1,0}$ | 9,0 | 15 $^{+2,0}_{-1,0}$ | | | |
| | 11,0 | 17 $^{+2,5}_{-1,5}$ | | | |
| | 13,0 | 20 $^{+2,5}_{-1,5}$ | | | |
| | 15,0 | 22 $^{+2,8}_{-1,7}$ | | | |
| | 17,0 | 24 $^{+2,8}_{-1,7}$ | | | |

Teavă tip TBP

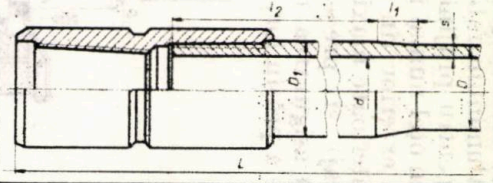



| D $^{+2,0}_{-1,0}$ | $D_1$ $^{+3,0}_{2,8}$ | s ± 0,1s | $s_1$ $^{+2,5}_{-1,0}$ | $s_2$ $^{+0,1s}_{-0,2s}$ | $l_2$ $^{+200}_{-50}$ | $l'_2$ $^{+100}_{-50}$ | l ± 50 | L $^{+150}_{-200}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 129 | 150 | 11 | 17 | 21,5 | 1300 | 250 | 300 | 12 000 |
| 147 | 172 | | | 23,5 | | | | |
| 170 | 197 | | | 24,5 | | | | |
| | 197 | 13 | | 26,5 | | | | |

Obs. Dimensiunile și abaterile în mm.

*Tabelul 2*

Teavă cu capete îngroșate la exterior

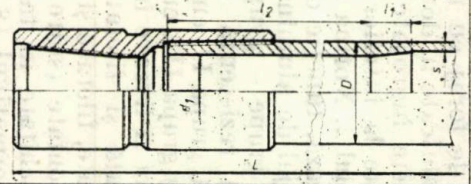



| D±0,01D | s | d | $D_1$ | $l_1$ | $l_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 73 | 7±0,4 | 59 | 84 $^{+2,5}_{-1,0}$ | 450 $^{+150}_{-100}$ | 250±50 |
| 89 | 7±0,4 | 75 | 100 $^{+2,5}_{-1,0}$ | | |
| | 8±0,4 | 73 | | | |
| 102 | 8±0,4 | 86 | 116 $^{+2,5}_{-1,0}$ | | 350 $^{+70}_{-50}$ |
| | 9±0,4 | 84 | | | |
| 114 | 9±0,4 | 96 | 129 $^{+3,0}_{-1,2}$ | | |
| | 10±0,5 | 94 | | | |
| 127 | 9±0,4 | 109 | 142 $^{+3,0}_{-1,2}$ | | |
| | 10 0,5 | 105 | | | |

| Store de livrare | L ± 250 | | |
|---|---|---|---|
| | Gama 1 | Gama 2 | Gama 3 |
| Tevi cu racorduri montate | 5500 | 9000 | 12300 |
| Tevi fără racorduri | 5300 | 8700 | 12000 |

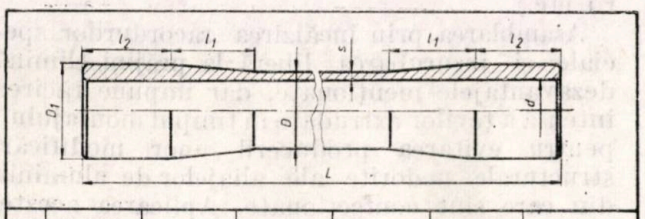
Obs. Dimensiunile și abaterile în mm

Teavă cu capete îngroșate la interior




| D±0,01D | s | $d_1$ | $l_1$ min | $l_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 60 | 7±0,4 | 36 $^{+2,0}_{-3,0}$ | 40 | 250±50 |
| 73 | 7±0,4 | 47 $^{+2,0}_{-3,0}$ | | |
| 89 | 7±0,4 | 61 $^{+2,0}_{-3,0}$ | | |
| | 8±0,4 | | | |
| 102 | 8±0,4 | 74 $^{+2,0}_{-3,0}$ | | |
| | 9±0,4 | | | |
| 114 | 9±0,4 | 84 $^{+2,5}_{-4,0}$ | 55 | 350 $^{+75}_{-50}$ |
| | 10±0,5 | | | |
| 127 | 9±0,4 | 93 $^{+2,5}_{-4,0}$ | | |
| | 11±0,5 | | | |
| 140 | 9±0,4 | 166 $^{+2,5}_{-4,0}$ | | |
| | 11±0,5 | | | |
| 146 | 9±0,4 | 112 $^{+2,5}_{-4,0}$ | | |
| | 11±0,5 | | | |
| 168 | 9±0,4 | 134 $^{+2,5}_{-4,0}$ | | |
| | 11±0,5 | | | |

*Tabelul 3*




| Tip | $D \pm 0{,}01\,D$ | s | d | $D_1$ | $l_1$ | L |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $3\frac{1}{2}$ • | 3,70 | 0,512 | 2,675 | 3,875 | 41 46 | $29-4\frac{1}{2}$ |
| 4 • | 4,20 | 0,460 | 3,280 | 4,625 | | $29-3\frac{1}{4}$ |
| $4\frac{1}{2}$ • | 4,60 | 0,500 | 3,600 | 5,031 | | $29-3\frac{3}{4}$ |
| 5 • | 5,15 | 0,525 | 4,100 | 5,688 | | $29-2\frac{3}{4}$ |
| $3\frac{1}{2}$ •• | 94 | 13±0,5 | 68 | 98,5 | 1100±60 | 8839-114 |
| 4 •• | 107 | 12±0,5 | 83 | 117,5 | | 8839-83 |
| $4\frac{1}{2}$ •• | 117 | 12,5±0,5 | 92 | 128,0 | | 6839-95 |
| 5 •• | 131 | 13±0,5 | 104 | 144,5 | | 8839-70 |

• Dimensiunile în in ; •• Dimensiunile în mm (obținute prin transformare din in și rotunjite)

Datele prezentate arată că fiecare dintre producătorii actuali realizează variante constructive proprii pentru prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu, clasificările generale redate anterior cuprinzînd într-un sistem general toate soluțiile constructive aflate în prezent în fabricație.

Comparînd datele din tabelele 1 ; 2 și 3 se poate observa că dimensiunile prăjinilor de foraj cuprinse în standardele și normativele luate în discuție nu coincid, acest fapt reflectînd că la proiectarea acestor echipamente se utilizează în prezent criterii diferite. Astfel, standardele [6 ; 7] dau mărimi apropiate pentru diametrele exterioare ale țevilor extrudate pentru prăjini de foraj, dar grosimile de perete sînt mai mari la toate tipodimensiunile cuprinse în [7], iar normativul [8] reglementează fabricația unei game restrînse de prăjini, diametrele exterioare ale celor patru tipodimensiuni ce alcătuiesc această gamă fiind diferite, iar grosimile de perete avînd valori superioare față de cele din standardele [6 ; 7]. Rapoartele între diametrul exterior $D$ și grosimea de perete $s$ ale tipodimensiunilor de prăjini de foraj din aliaje de aluminiu cuprinse în standardele și normativul discutate au următoarele valori : $D/s = 8{,}6 \ldots 18{,}7$ la prăjinile conform [6], $D/s = 7{,}2 \ldots 16{,}3$ la prăjinile cuprinse în [7] și $D/s = 5{,}2 \ldots 7{,}8$ la cele patru tipodimensiuni de prăjini din [8].

Soluția adoptării unor grosimi de perete mari ale țevilor extrudate din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj (concomitent cu utilizarea unor aliaje de aluminiu cu rezistență ridicată) pare a fi cea mai recomandată, deoarece asigură mai multe avantaje tehnice importante : rezistența la tracțiune a prăjinilor este ridicată (de exemplu, prăjinile cu dimensiuni conform [8] asigură rezistențe la tracțiune echivalente cu ale prăjinilor din oțeluri grad E) și se menține la valori satisfăcătoare și în cazul exploatării acestora la temperaturi ridicate ; procesele de uzare nu afectează semnificativ rezistența prăjinilor decît după o utilizare îndelungată ; fenomenele de flotabilitate în fluidele de foraj sînt mai intense.

## 2. *Condiții tehnice*

Pentru ca prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu să aibă calitățile cerute de condițiile de lucru în garnitura de foraj și o bună siguranță în exploatare, este necesar ca țevile extrudate destinate acestor echipamente să respecte următoarele condiții tehnice (prevăzute în standardele ce reglementează fabricația unor astfel de piese [6 ; 7]) :

— țevile vor fi realizate cu precizia dimensională indicată în tabelele 1 și 2 ; în zona de trecere de la îngroșările capetelor la corpul țevilor sînt permise valori ale diametrului exterior cu abateri față de dimensiunea nominală mai mari : $^{+1{,}0}_{-2{,}0}$ mm pentru țevile cu $D \leqslant 64$ mm și $^{+2{,}5}_{-5{,}0}$ mm pentru țevile cu $D \geqslant 73$ mm ;

— țevile trebuie să fie rectilinii ; [6] prescrie o valoare a abaterii admisibile de la rectilinitate de 1,3 mm/1,5 m pe toată lungimea țevilor (exceptînd capetele îngroșate la exterior), în timp ce [7] impune ca țevile să aibă abaterile de la rectilinitate sub 1,5 mm/1,0 m în treimea centrală și sub 1,3 mm/1,0 m în rest (exceptînd zonele cu îngroșări exterioare) ;

— ovalitățile (abaterile de la forma circulară ale secțiunii transversale) și excentricitățile țevilor trebuie să se încadreze în toleranțele prescrise la diametrul exterior și respectiv la grosimea de perete ;

— abaterile de la perpendicularitate ale fețelor frontale în raport cu axa țevilor nu trebuie să fie mai mari decît 1° ;

— suprafețele exterioare și interioare ale țevilor trebuie să fie curate și lipsite de defecte (fisuri, incluziuni nemetalice, pete de coroziune, stratificări sau exfolieri etc.) ; nu se admit defecte pe suprafețele exterioare ale țevilor cu adîncimi mai mari decît toleranțele prescrise la grosimea de perete și nu se acceptă eliminarea defectelor prin ciocănire sau prin sudare ;

— țevile trebuie să aibă macrostructura și microstructura corecte (macrostructura să nu evidențieze fisuri, scobituri, exfolieri, stratificări sau retasuri, iar microstructura să corespundă tratamentului termic aplicat corect, fără supraîncălziri sau alte abateri de la regimul tehnologic normal).

Condițiile tehnice ce trebuie respectate de către racordurile speciale din oțel ce se montează la capetele prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu sînt asemănătoare celor impuse

racordurilor pentru prăjinile de foraj din oţeluri [2; 6].

3. *Soluţii constructiv-tehnologice pentru asamblarea racordurilor speciale la prăjinile de foraj*

Datele prezentate anterior au evidenţiat faptul că, deşi diverşii producători de prăjini de foraj din aliaje de aluminiu au adoptat variante constructive diferite pentru filetele de legătură dintre ţevile extrudate din aliaje de aluminiu şi racordurile speciale din oţeluri şi manifestă reţinere în publicarea detaliilor dimensionale ale acestor filete, există cu certitudine un consens general în utilizarea îmbinărilor filetate conice de tip „cu triplu blocaj" (fig. 4).

Concepţia constructivă a îmbinărilor filetate dintre ţevile extrudate din aliaje de aluminiu şi racordurile speciale din oţeluri este în strînsă corelaţie cu tehnologia prevăzută pentru realizarea asamblării filetate menţionate. Există două moduri principial diferite de realizare a acestor asamblări :

• asamblarea la rece, ce constă în fixarea ţevii extrudate într-un sistem de bacuri şi înşurubarea fiecărui racord prin aplicarea unui moment de torsiune de valoare controlată, care asigură realizarea contactului pe toate cele trei zone caracteristice ale îmbinării (suprafeţele $S_1$, $S_2$, $S_3$, v. fig. 4) ; obţinerea unor asamblări de calitate prin acest procedeu impune ca suprafeţele de blocare executate în prelungirea filetelor de pe ţeava extrudată şi racordul special ($S_3$) să fie conice ;

• asamblarea prin încălzirea racordului special (într-un cuptor sau prin inducţie, pentru realizarea unor jocuri suficiente între suprafeţele conjugate ale racordului şi ţevii extrudate), înşurubarea liberă a racordului la prăjină şi răcirea îmbinării obţinute, însoţită de apariţia unor strîngeri pe toate suprafeţele de blocare ($S_1$, $S_2$, $S_3$) ; realizarea unor îmbinări de calitate prin această tehnologie este asigurată dacă suprafeţele de blocare $S_3$ sînt cilindrice.

Utilizarea tehnologiei de asamblare la rece are următoarele dezavantaje :

— prinderea în bacuri a ţevii extrudate în vederea montării racordurilor speciale conduce la degradarea suprafeţei exterioare a acesteia, fapt ce influenţează negativ durabilitatea în exploatare a prăjinii de foraj ;

— în timpul înşurubării racordurilor speciale, pe măsură ce creşte presiunea specifică pe suprafeţele de contact ale filetelor conice de pe racordurile din oţel şi ţevile din aliaje de aluminiu, există tendinţa producerii unor fenomene de gripare ;

— mărimea momentului de torsiune aplicat la montarea racordurilor este greu de stabilit, deoarece procesul de înşurubare este influenţat de un complex de factori cu variaţie aleatorie (precizia dimensională a filetelor, condiţiile de frecare pe suprafeţele de contact ale îmbinării etc.).

Asamblarea prin încălzirea racordurilor speciale şi înşurubarea liberă la prăjini elimină dezavantajele menţionate, dar impune răcirea intensă a ţevilor extrudate în timpul montajului, pentru evitarea producerii unor modificări structurale nedorite ale aliajelor de aluminiu din care sînt confecţionate. Aplicarea acestei tehnologii de asamblare dă rezultate foarte bune dacă :

• la înşurubarea liberă a racordurilor speciale încălzite se foloseşte o instalaţie de tipul celei prezentate schematic în figura 6 ;

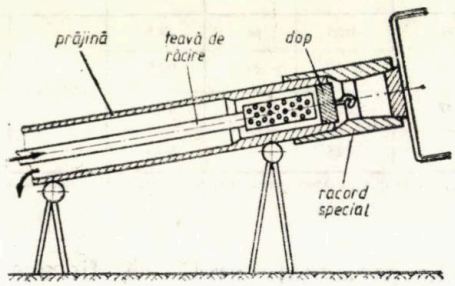



Fig. 6

• înainte de înşurubarea liberă a racordurilor speciale se aplică, pe suprafeţele de asamblare de pe ţevile extrudate, un strat de material de etanşare ; de exemplu, în U.R.S.S. se folosesc ca materiale de etanşare unsorile pe bază de glicerină tehnică şi grafit (eventual, cu adaosuri de fulgi de azbest pentru intensificarea efectelor de etanşare) sau masticurile pe bază de răşini epoxidice (eventual, cu adaosuri de pulberi de grafit, plumb, zinc şi cupru pentru creşterea caracteristicilor de etanşare) [9].

4. *Concepţia constructivă a prăjinilor de foraj prototip realizate în ţara noastră*

Avantajele tehnico-economice ale utilizării în lucrările de foraj a prăjinilor din aliaje de aluminiu au determinat elaborarea în ţara noastră a unui program privind proiectarea, asimilarea în fabricaţie şi cercetarea caracteristicilor unor astfel de echipamente. În prima etapă a acestui program (parcursă pînă în prezent) s-au prevăzut proiectarea şi realizarea unor prăjini prototip cu diametrul exterior $D = 94$ mm. Soluţia constructivă concepută pentru aceste prăjini se caracterizează prin următoarele elemente principale [9, 10] :

— prăjinile sînt prevăzute cu racorduri speciale (fac parte din categoria $P_1$) şi au ţevile din aliaje de aluminiu cu îngroşări exterioare la capete (grupa *IE*) şi cu zone de trecere conice de la capetele îngroşate la corpul ţevilor (destinate prinderii în pene a prăjinilor) ;

— dimensiunile principale ale ţevilor extrudate din aliaje de aluminiu sînt : $D = 94$ mm ;

$d = 68$ mm; ($s = 13$ mm); $D_1 = 98$ mm; $l_2 = 200$ mm; $L = 8\,900$ mm (fig. 7 *a*);

— condițiile tehnice pentru țevile extrudate din aliaje de aluminiu sînt cele prezentate în cap. II.2;

— racordurile speciale din oțel prevăzute pentru echiparea prăjinilor de foraj au diametrul exterior $D_2 = 120{,}7$ mm și caracteristicile

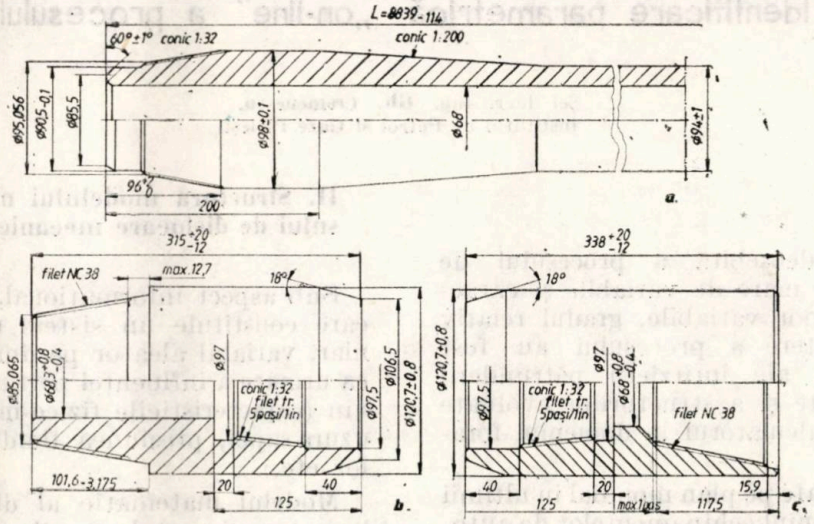



Fig. 7

constructive și condițiile tehnice conform [2; 9]; dimensiunile principale ale racordurilor de tip mufă-cep (ce se montează la unul din capetele prăjinilor) sînt redate în figura 7 *b*, iar cele ale racordurilor de tip mufă-mufă (pentru montarea la celălalt capăt al prăjinilor) sînt prezentate în figura 7 *c*;

— racordurile speciale au filetele destinate asamblării prăjinilor în garnitura de foraj de tipul NC 38 [2];

— pentru asamblarea racordurilor la țevile extrudate din aliaje de aluminiu s-au prevăzut îmbinări filetate conice de tip „cu triplu blocaj", filetele avînd conicitatea 1 : 32 și profilul trapezoidal, cu bisectoarea unghiului profilului perpendiculară pe axa piesei filetate și cu pasul 5,08 mm (5 pași pe 25,4 mm); caracteristicile dimensionale principale ale acestor îmbinări filetate rezultă din figura 7 (detalii constructiv-dimensionale vor fi prezentate într-o lucrare viitoare);

— condițiile tehnice prevăzute pentru îmbinările filetate dintre racordurile speciale și țevile extrudate sînt: pasul filetului se măsoară paralel cu axa piesei pe care este executat, iar abaterile admisibile la pas vor fi $\pm 0{,}05$ mm pe 25,4 mm și $\pm 0{,}10$ mm pe toată lungimea filetului; abaterile la jumătatea unghiului profilului filetului vor fi în intervalul $\pm 0°45'$; abaterile admisibile la conicitate (determinate pentru diametrele interior și exterior) ale filetelor vor fi $^{+0{,}15}_{-0{,}05}$ mm pe toată lungimea filetată (de aproximativ 60 mm); suprafețele frontale ale țevilor ce se filetează trebuie să fie plane (abaterile de la planeitate vor fi sub 0,1 mm) și perpendiculare pe axele țevilor (abaterile de la perpendicularitate nu vor depăși 0,06 mm);

— asamblarea racordurilor la prăjini se realizează prin încălzirea racordurilor, însurubarea lor liberă pe filetele țevilor extrudate și răcirea îmbinărilor; în acest scop, suprafețele de blocare $S_3$ ale racordurilor și țevilor sînt cilindrice, filetele conice trebuind să fie coaxiale cu aceste suprafețe (abaterile de la coaxialitate nu vor depăși 0,04 mm).

Prăjinile de foraj prototip realizate după concepția constructivă prezentată se află în curs de testare pentru evidențierea prin încercări, la scară reală, pe standuri special construite [9] a caracteristicilor lor de durabilitate în exploatare.

**Bibliografie**


[1] Georgescu, Gh. *Tehnologia forării sondelor*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1983.

[2] Rașeev, D., Ulmanu, V., Georgescu, Gh. *Construcția și exploatarea garniturii de foraj*. Ed. Tehnică, București, 1986.

[3] Pârvulescu, N. S. *Mecanica tubului pentru foraj și extracție*. Ed. Academiei R.S.R., București, 1974.

[4] Fain, G. M., Neimark, A. S. *Proektirovanie ekspluatația burilnih kolonn dlia glubokih skvajini* Nedra, Moskva, 1985.

[5] Babaev, A. K. *Opît provodki sverhglubokih skvajin s primeneniem burilnih trub LBT—147*. Azerb. Neft Hoz., nr. 1, 1985.

[6] * * * *Matériel et équipement pour les industries du pétrol et du gaz naturel*. Norme internationale nr. 5226, 1986.

[7] * * * *Trubî burilnîe iz aliuminievîh splavov.* GOST 23786—1979.
[8] * * * *Reynolds Aluminum Drill Pipe*, Engineering Data, Edition nr. 8, Reynolds Metals Company, 1982.
[9] Ulmanu, V. ș.a. *Cercetări privind executarea prăjinilor de foraj din țevi extrudate din aliaje dure pe bază de aluminiu.* Contract cercetare științifică nr. 15/1988 I.P.G. Ploiești, 1988.
[10] Ulmanu, V. ș.a. *Cercetări privind asimilarea în fabricație a țevilor din aliaje dure pe bază de aluminiu destinate fabricării prăjinilor de foraj.* Contract cercetare științifică nr. 81/1986, I.P.G. Ploiești, 1987.

# Procedură de identificare parametrică „on-line" a procesului de dislocare

Șef lucr. ing. **Gh. Cremeneseu,**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

## I. Introducere

Complexitatea deosebită a procesului de dislocare, numărul mare de variabile și caracterul aleator al unor variabile, gradul relativ scăzut de cunoaștere a procesului au fost principalele cauze ale întîrzierii pătrunderii sistemelor automate și a structurilor evoluate de conducere cu calculatorul în domeniul forajului sondelor.

Progresele realizate pe plan mondial în ultimii 10—15 ani în domeniul echipamentelor de automatizare utilizate în foraj, precum și implementarea calculatoarelor electronice cu considerabilele lor disponibilități de prelucrare a datelor au contribuit la creșterea volumului și calității cunoștințelor teoretice și practice asupra procesului de dislocare și au permis ridicarea tehnicii forajului de la stadiul de empirism la un nivel științific superior.

Preocupările actuale privind creșterea securității și eficienței forajului sondelor în condițiile grele ale forajului marin și de mare adîncime sînt orientate și în direcția perfecționării modelului matematic al procesului de dislocare.

În lucrare se prezintă o procedură de identificare experimentală, prin care se actualizează parametrii modelului matematic al procesului de dislocare în raport cu condițiile de lucru ale sapei. „Adaptarea" modelului matematic, necesară pe durata marșului unei sape, întrucît se schimbă proprietățile fizico-mecanice ale formațiunilor și gradul de uzură al sapei, se rezolvă în lucrare pe baza prelucrării, după metodele statisticii matematice, a datelor experimentale achiziționate în testul de foraj Lubinski.

Procedura de identificare a parametrilor modelului, asistată de un calculator de proces, devine o versiune „on-line", iar modelul obținut permite abordarea realistă a problemelor de prognoză pe durată scurtă și de conducere optimală a procesului de foraj [4].

## II. Structura modelului matematic al procesului de dislocare mecanică

Sub aspect informațional, procesul de dislocare constituie un sistem multivariabil, neliniar, variabil aleator pe durata mersului sapei ca urmare a influenței perturbațiilor care intervin (caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor, uzura sapei, presiunea fluidului din porii rocilor etc.).

Modelul matematic al dislocării, dedus pe baze experimentale de diverși cercetători, este de tip determinist, cu structura prezentată în [1 ; 2], de forma :

$$V_m = \frac{\mathrm{d}h}{\mathrm{d}t} = C_f \cdot f_1(W) \cdot f_2(n) \cdot f_3(D),$$

$$V_D = \frac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}t} = C_a \cdot g_1(W) \cdot g_2(n) \cdot g_3(D), \quad (1)$$

$$V_R = \frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{C_l} \cdot h_1(W) \cdot h_2(n),$$

în care :

$V_m$ este viteza mecanică de avans a sapei ;
$V_D$ — viteza de uzură a danturii sapei ;
$V_R$ — viteza de uzură a lagărelor sapei ;
$h$ — avansarea sapei ;
$D$, $R$ — gradul de uzură a danturii, respectiv a lagărelor sapei ;
$W$ — apăsarea axială pe sapă ;
$n$ — turația sapei ;
$C_f$, $C_a$, $C_l$ — constantele „tehnologice" (de forabilitate a rocii, de abrazivitate a rocii, constanța lagărelor sapei) care includ acțiunea celorlalți factori neexplicitați direct în ecuații (debitul de circulație, viteza jeturilor de fluid la talpă, proprietățile fizice și reologice

ale fluidului de foraj, caracteristicile rocii dislocate etc.);

$f, g, h$ — funcţii continue neliniare care prezintă efectul izolat al apăsării, turaţiei şi uzurii danturii.

Modelul matematic (1) evidenţiază acţiunea variabilelor de comandă, apăsarea şi turaţia (parametrii mecanici ai regimului de foraj) asupra lucrului sapei. Relaţiile propuse de diverşi cercetători pentru funcţiile $f$, $g$, $h$ diferă între ele (modelul Galle-Woods, modelul Young Don-Murphy, modelul Edwards, modelul Reed etc.) tocmai datorită complexităţii procesului şi condiţiilor diferite de experimentare. Incompatibilitatea relaţiilor cu rezultatele din şantier, pentru toată durata marşului, este generată de faptul că parametrii modelului nu se „actualizează" în timpul lucrului sapei ci au valori fixe (unii coeficienţi cu valorile prescrise între anumite limite, iar alţii calculaţi din datele marşului anterior) şi astfel sînt posibile situaţii contradictorii şi o confienţă slabă a programelor de foraj.

Astfel, efectul izolat al apăsării pe sapă asupra vitezei mecanice $V_m = f(W)$, reprezentat grafic în figurile 1 şi 2 (denumită reprezentarea

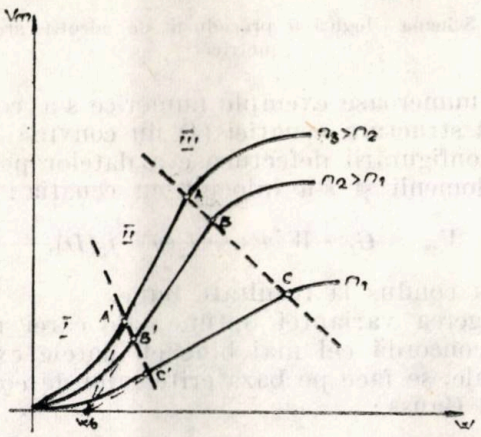



Fig. 1. Variaţia vitezei mecanice cu apăsarea pe sapă.

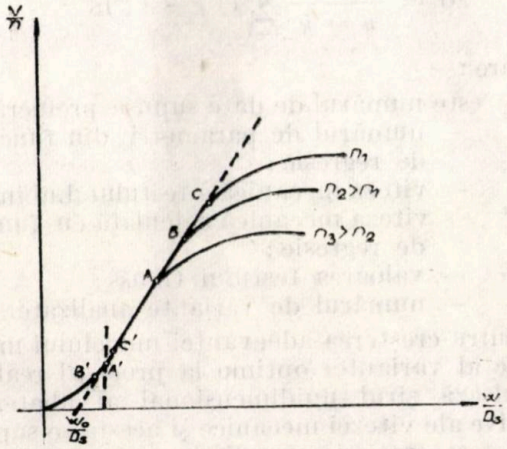



Fig. 2. Variaţia vitezei de penetrare cu apăsarea specifică.

Bingham), evidenţiază trei zone ale mecanismului de dislocare cu dependenţele :

— zona I a dislocării superficiale :

$$V_m = C_{f1} \cdot W^{k_1} \cdot f_2(n) \cdot f_3(D)\,;\ k_1 > 1\,; \qquad (2)$$

— zona a II-a a dependenţei liniare :

$$V_m = C_{f2} \cdot (W - W_0) \cdot f_2(n) \cdot f_3(D),$$

în care $W_0$ este pragul de apăsare ;

— zona a III-a a dependenţei exponenţial atenuate :

$$V_m = C_{f3} \cdot W^{k_3} \cdot f_2(n) \cdot f_3(D)\,;\ k_3 < 1. \qquad (4)$$

Zonele II şi III corespund dislocării volumice, iar punctele $A$, $B$, $C$ marchează echilibrul între energia mecanică a dezintegrării şi energia hidraulică a evacuării detritusului.

Pentru dislocare volumică, exponentul apăsării are valori care variază în limite largi, după diverşi autori (Bingham $k = 0{,}1 \ldots 3{,}0$; Bourgoyne-Young $k = 0{,}6 \ldots 2{,}0$ ; Galle-Woode $k = 0{,}6$ pentru roci foarte slabe, $k = 1$ pentru celelalte roci ; Edwards, Young-Murphy $k = 1$ etc.).

De remarcat că în timpul marşului la aceeaşi apăsare dislocarea trece din domeniul volumic în domeniul superficial datorită uzurii danturii sau accentuării proprietăţilor plastice ale rocilor cu adîncimea, fără ca în model să se modifice constanţa de forabilitate şi exponentul apăsării.

Aceste limite, arătate mai sus, sînt eliminate prin procedeul de identificare parametrică a procesului de dislocare.

## III. Estimarea parametrilor ecuaţiei vitezei mecanice

Pentru identificarea tipului de dislocare şi calculul parametrilor ecuaţiei vitezei mecanice, autorul a conceput un procedeu de prelucrare statistică a datelor testului Lubinski şi de interpretare a rezultatelor obţinute [3]. Prin repetarea testului de foraj în timpul marşului, modelul matematic actualizat va aproxima „cel mai bine" procesul de dislocare pentru condiţiile de rocă, sapă, fluid de foraj şi hidraulică de la talpă, în intervalul dintre două teste succesive.

Procedura de identificare se desfăşoară după schema prezentată în figura 3.

În baza testului de foraj „drill off" (propus de Lubinski în scopul identificării pachetelor de formaţiuni de egală forabilitate) se colectează datele de intrare-ieşire : apăsarea pe sapă cu intervalul de eşantionare de 0,5 tf ; intervalul de timp corespunzător ; datele referitoare la componenţa garniturii de prăjini obişnuite şi

prăjini grele. Pentru o prelucrare statistică de calitate, tabloul cu datele de intrare trebuie să conțină peste 20 de citiri corecte. Cu un algoritm de interpolare pătratică se mărește numărul datelor de intrare dacă acesta este insuficient.

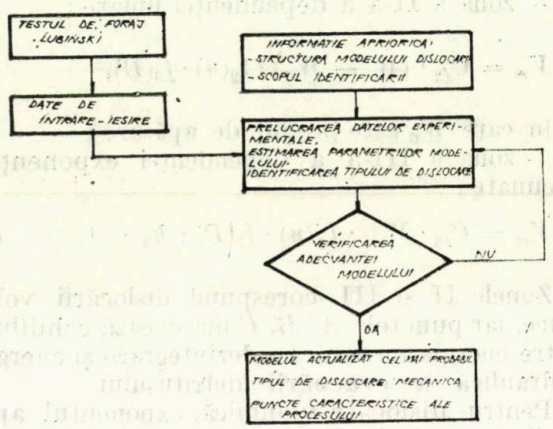



Fig. 3. Schema de desfășurare a identificării experimentale.

Cu datele de intrare ale testului se calculează viteza mecanică și apăsarea medie :

$$V_k = \frac{1}{E} \frac{W_k - W_{k+1}}{t_{k+1} - t_k} \cdot \left( \sum_{i=1}^{N_0} \frac{l_i}{1{,}05\, A_i} + \sum_{j=1}^{N_g} \frac{l_j}{A_j} \right),$$

$$W_{mk} = \frac{W_k + W_{k+1}}{2}, \qquad (5)$$

în care :

$l_i$, $A_i$ reprezintă lungimea și aria tronsoanelor garniturii de prăjini obișnuite ;

$N_0$ — numărul de tronsoane ale garniturii de prăjini obișnuite ;

$l_j$, $A_j$ — lungimea și aria tronsoanelor garniturii de prăjini grele ;

$N_g$ — numărul de tronsoane ale garniturii de prăjini grele ;

$W_k$, $t_k$ — apăsarea pe sapă și timpul corespunzător.

Pornind de la structura modelului matematic din relațiile (2), (3) și (4), cu datele testului de foraj se estimează parametrii modelului. Succesiunea de prelucrare a datelor este prezentată în schema logică din figura 4.

După ordonarea datelor șirului bidimensional viteză mecanică-apăsare, în sensul creșterii apăsării se grupează acestea pe cele trei domenii ale procesului de dislocare în mai multe variante posibile. Pentru calculul estimărilor parametrilor se logaritmează funcțiile (2) și (4) pentru liniarizare în raport cu parametrii, apoi, prin metoda celor mai mici pătrate implementată în subrutina REGLIN, se alcătuiește sistemul de ecuații algebrice normale și se rezolvă prin metoda Gauss-Jordan implementată în subrutina SIST.

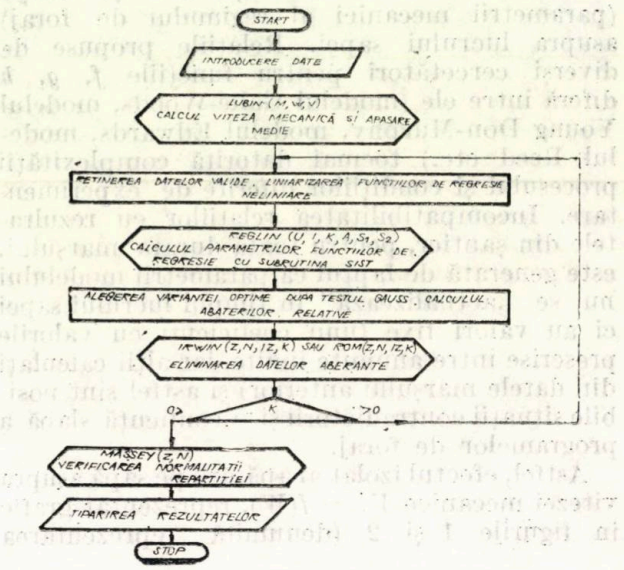



Fig. 4. Schema logică a procedurii de identificare parametrică.

Pe numeroase exemple numerice s-a constatat că structura ecuației (4) nu convine datorită configurării defectuoase a datelor pe cele trei domenii și s-a înlocuit cu ecuația :

$$V_m = C_{f3} \cdot W^{k_2} e^{k_4 \cdot w} \cdot f_2(n) \cdot f_3(D), \qquad (6)$$

care a condus la rezultate bune.

Alegerea variantei optime, ale cărei rezultate concordă cel mai bine cu datele experimentale, se face pe baza criteriului de concordanță Gauss :

$$min\{TG1,\ TG2, \ldots, TGj\}, \qquad (7)$$

$$TG = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n} (V_i - V_i^*)^2,$$

în care :

$n$ este numărul de date supuse prelucrării ;

$k$ — numărul de parametri din funcțiile de regresie ;

$V_i$ — viteza mecanică a testului Lubinski ;

$V_i^*$ — viteza mecanică calculată cu funcția de regresie ;

$TG$ — valoarea testului Gauss ;

$j$ — numărul de variante analizate.

Pentru creșterea adecvanței modelului matematic al variantei optime la procesul real, se calculează șirul unidimensional al abaterilor relative ale vitezei mecanice și acesta se supune unui test statistic de eliminare a datelor cu erori mari.

În procedură sînt implementate testele Irwin și Romanovski, care reţin cu un nivel de încredere de 99% datele valide pentru o nouă prelucrare. Se continuă estimarea parametrilor funcţiilor de regresie ale vitezei mecanice, pînă ce nu vor mai fi eliminate alte date.

Pentru a constata dacă pe durata testului de foraj s-a schimbat uzura danturii, se verifică normalitatea repartiţiei datelor şirului unidimensional format din valorile normale ale abaterilor relative ale vitezei mecanice, cu testul Massey. Integrala lui Laplace $\Phi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^y e^{-\frac{t^2}{2}} dt$, pentru funcţia empirică de repartiţie, se calculează numeric cu metoda Romberg.

Valorile critice ale testelor statistice pentru nivelul de probabilitate de 99% şi volumul selecţiei şirului unidimensional se calculează prin interpolare pătratică.

Dacă repartiţia datelor este nenormală, variabilitatea vitezei este datorată şi creşterii uzurii danturii sapei şi — ca urmare — testul de foraj trebuie reluat şi executat într-un timp mai scurt.

După prelucrarea datelor experimentale ale testului de foraj, procedura prezintă rezultatele pe intervalele de variaţie ale apăsării, tipul procesului de dislocare, modelul matematic corespunzător, punctele caracteristice ale dislocării (pragul de apăsare, parametrii spălării perfecte, viteza maximă).

## IV. Exemplu numeric de identificare

Identificarea procesului de dislocare s-a studiat prin simulare pe un calculator CORAL 4011, pe baza programului IDENT şi pe baza datelor testelor de forabilitate prezentate în literatura de specialitate.

Astfel, pentru exemplul din [1] cu datele din tabelul 1 se prezintă rezultatele prelucrării cu programul IDENT :

• în varianta optimă datele de intrare s-au grupat pe cele trei funcţii de regresie astfel : 12 puncte pentru funcţia (2), 5 puncte pentru funcţia (3) şi 11 puncte pentru funcţia (6);

• ecuaţia vitezei mecanice în raport cu apăsarea pe sapă :

$V = 0{,}11 \cdot W^{1{,}7}$, pentru $4{,}25 \leqslant W \leqslant 9{,}75$ tf;

$V = -8{,}36 + 1{,}26 \cdot W$, pentru $10{,}25 \leqslant W \leqslant 12{,}25$ tf;

$V = 1{,}2 \cdot 10^{-20} \cdot W^{28{,}1} e^{\cdot -1{,}87W}$, pentru $12{,}75 \leqslant W \leqslant 17{,}75$ tf;

*Tabelul 1*

| Datele testului Lubinski | | Datele pentru prelucrare | |
|---|---|---|---|
| Apăsarea, tf | timpul, s | apăsarea medie, tf | viteza mecanică, m/h |
| 18,0 | 0,0 | 17,75 | 5,21 |
| 17,5 | 6,5 | 17,25 | 5,65 |
| 17,0 | 12,5 | 16,75 | 7,53 |
| 16,5 | 17,0 | 16,25 | 6,78 |
| 16,0 | 22,0 | 15,75 | 7,53 |
| 15,5 | 26,5 | 15,25 | 8,47 |
| 15,0 | 30,5 | 14,75 | 8,48 |
| 14,5 | 34,5 | 14,25 | 7,53 |
| 14,0 | 39,0 | 13,75 | 6,78 |
| 13,5 | 44,0 | 13,25 | 6,16 |
| 13,0 | 49,5 | 12,75 | 6,16 |
| 12,5 | 55,0 | 12,25 | 7,53 |
| 12,0 | 59,5 | 11,75 | 6,16 |
| 11,5 | 65,0 | 11,25 | 5,65 |
| 11,0 | 71,0 | 10,75 | 5,21 |
| 10,5 | 77,5 | 10,25 | 4,84 |
| 10,0 | 84,5 | 9,75 | 4,84 |
| 9,5 | 91,5 | 9,25 | 5,21 |
| 9,0 | 98,0 | 8,75 | 4,23 |
| 8,5 | 106,0 | 8,25 | 4,0 |
| 8,0 | 114,5 | 7,75 | 3,90 |
| 7,5 | 123,0 | 7,25 | 3,76 |
| 7,0 | 132,0 | 6,75 | 3,10 |
| 6,5 | 143,0 | 6,25 | 2,12 |
| 6,0 | 159,0 | 5,75 | 2,0 |
| 5,5 | 176,0 | 5,25 | 1,78 |
| 5,0 | 195,0 | 4,75 | 1,54 |
| 4,5 | 217,0 | 4,25 | 1,41 |
| 4,0 | 241,0 | | |

• punctele caracteristice ale procesului de dislocare :

— pragul de apăsare $W_0 = 6{,}6$ tf;

— dislocarea volumică are loc la apăsări mai mari de 10,25 tf;

— consumul energetic specific este minim la apăsarea de 12,25 tf;

— viteza mecanică maximă de 8,5 m/h corespunde unei apăsări de 15,25 tf;

— pentru condiţiile hidraulice date, spălarea perfectă a tălpii este pentru apăsarea de 12,25 tf şi viteza mecanică de 7,5 m/h;

— la apăsări mai mari de 12,25 tf, ritmul de creştere a vitezei mecanice scade, întrucît condiţiile hidraulice de la talpă devin insuficiente;

— la apăsări mai mari de 15,25 tf, viteza mecanică începe să scadă, întrucît talpa se „manşonează" cu detritus.

## Concluzii

Procedura de identificare parametrică prezentată actualizează modelul matematic al procesului de dislocare pentru intervalul de timp posterior testului de foraj. Prin repetarea testelor de foraj în timpul marşului unei sape, modelul matematic „se apropie" de comportarea reală a procesului de dislocare, iar premisele unei conduceri optime a procesului de foraj sînt mai realiste.

Posibilităţi practice de rezolvare a identificării „on-line" a procesului de dislocare sînt ca urmare a dotării instalaţiilor de foraj cu „cabine tehnologice" cu calculatoare de proces.

**Bibliografie**


[1] Macovei, N. *Proiectarea regimului de foraj.* I.P.G. Ploieşti, 1978.

[2] Georgescu, G. *Tehnologia forării sondelor.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.

[3] Cremenescu, G. *Contribuţii la modelarea matematică a procesului de dislocare mecanică cu sape cu role.* Simpozion I.P.G. Ploieşti, 1988.

[4] Cremenescu, G. *Algoritmi de optimizare ai parametrilor mecanici ai procesului de foraj.* Simpozion I.P.G. Ploieşti, 1988.

[5] Constantinescu, I. ş.a. *Prelucrarea datelor experimentale cu calculatoare numerice.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1980.

[6] Robson, M. R. *Optimizing for lower cost-per-foot drilling.* Woild Oil, september 1979.

[7] Mansurov, A. P. ş.a. *Opredelenie vremeni effektivnoi raboti dolota şaroşecinovo tipa na zaboe.* Azerbaidjanskoe neftianoe hoziaistvo, nr. 2, 1980.


# Asupra compoziţiei chimice a hidrocarburilor lichide din zăcămintele albian — Lebăda şi dogger — Mitrofani


Prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu,**
şef lucr. ing. **Gh. Brebeanu**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti


Sistemele naturale de hidrocarburi fluide ocupă în diagrama de stare (fig. 1) domenii distincte şi prezintă proprietăţi specifice distincte.

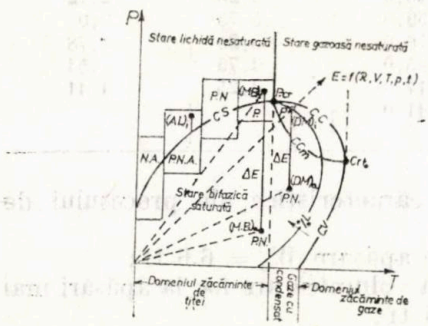



Fig. 1. Diagrama de stare generalizată $p$, $V$, $T$, $\mathfrak{R}$, $t$ a sistemelor naturale de hidrocarburi:
$CS$ — curba de saturaţie; $CC$ — curba de început de condensare; $CV$ — curba de vaporizare; $CC_m$ — curba condensării maxime; $\%L$ — procente de fază lichidă; $Pcr$ — punctul critic; $\Delta E$ — variaţia energiei; $Crt$ — cricondenterm; $P$ — ţiţeiuri parafinice; $PN$ — ţiţeiuri parafin-naftenice; $NA$ — ţiţeiuri naften-aromatice; $PNA$ — ţiţeiuri parafin-naften-aromatice; $(DM)_i$ — dogger, Mitrofani, starea iniţială; $(DM)_a$ — dogger, Mitrofani, starea actuală; $(MB)_i$ — meoţian, Bucşani, starea iniţială; $(MB)_a$ — meoţian, Bucşani, starea actuală; $(AL)_i$ — albian, Lebăda, starea iniţială.

Cu referire la distribuţia ţiţeiurilor în natură (fig. 1), pentru probele analizate pînă în prezent [2; 3; 4] se poate observa că o dată cu creşterea nivelului energiei de transformare are loc tranzitarea spre ţiţeiurile din clasa parafinică.

Analizele chimico-structurale asupra probei de ţiţei din sonda 7 a zăcămîntului albian de pe structura Lebăda (tab. 1—4) integrează ţiţeiul în clasa parafin-naften-aromatică.

Analizele chimico-structurale asupra probei de condensat din sonda 5 034 a zăcămîntului dogger de pe structura Mitrofani (tab. 1—4) integrează condensatul actual în clasa parafin-naftenică.

Între cele două faze lichide se observă deosebiri structurale evidente. În albianul de la Lebăda ţiţeiul, la începutul exploatării (tab. 4), este un ţiţei nesaturat cu gaze, aflat la un nivel energetic ridicat şi avînd o raţie iniţială de soluţie de mărime însemnată.

Comparînd fracţiunile inferioare (tab. 1), se poate menţiona că la Lebăda fracţiunile sînt mai puţin dense şi cu indici de refracţie de mărimi mai reduse, dar participarea fracţiunii de pînă la 200°C, indicele de calitate $d$ (tab. 4),

*Tabelul 1*

**Date fizice şi de compoziţie chimică pentru fracţiunile inferioare**

| Fracţiunea | Randament faţă de ţiţei, % masă | | Densitatea la 20°C | | Indicele de refracţie la 20°C | | Clase de hidrocarburi, % vol. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | parafine | | naftene | | aromatice | |
| | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* |
| i —60°C | — | 1,4 | — | 0,6700 | — | 1,3765 | — | 92 | — | 8 | — | — |
| 60—95°C | 1,5 | 4,1 | 0,7368 | 0,7200 | 1,4165 | 1,4050 | 33,4 | 41 | 61,6 | 47 | 5 | 12 |
| 95—122°C | 1,3 | 5,3 | 0,7565 | 0,7480 | 1,4255 | 1,4200 | 35 | 35 | 57,5 | 48 | 7,5 | 17 |
| 122—150°C | 6,4 | 3,9 | 0,7700 | 0,7650 | 1,4340 | 1,4206 | 19,4 | 40 | 55,6 | 42 | 25 | 18 |
| 150—200°C | 14,6 | 8,6 | 0,7793 | 0,7870 | 1,4378 | 1,4410 | 52,5 | 42 | 35 | 40 | 12,5 | 18 |

*M* — condensat din doggerul de la Mitrofani
*L* — ţiţei din albianul de la Lebăda

*Tabelul 2*

**Date fizice și de compoziție chimică pentru fracțiunile medii**

| Fracțiunea | Randament față de țiței, % masă | | Densitatea la 20°C | | Indicele de refracție la 20°C | | Masa moleculară | | Distribuția carbonului în grupele structurale | | | | | | Numărul mediu de cicluri pe moleculă | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | % $C_P$ | | % $C_N$ | | % $C_A$ | | $R_T$ | | $R_N$ | | $R_A$ | |
| | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* |
| 200—250°C | 14,5 | 10,8 | 0,8096 | 0,8280 | 1,4550 | 1,4616 | 180 | 180 | 69,4 | 53 | 16,2 | 31 | 14,4 | 13 | 0,67 | 1,06 | 0,36 | 0,77 | 0,31 | 0,29 |
| 250—300°C | 13,9 | 10,9 | 0,8307 | 0,8400 | 1,4652 | 1,4705 | 217 | 220 | 65,5 | 60 | 20,5 | 26 | 14 | 14 | 0,91 | 1,09 | 0,52 | 0,66 | 0,39 | 0,43 |
| 300—350°C | 16,0 | 6,6 | 0,8404 | 0,8530 | 1,4690 | 1,4762 | 265 | 265 | 77,4 | 62 | 22,8 | 24 | 10,8 | 14 | 1,07 | 1,35 | 0,73 | 0,90 | 0,34 | 0,45 |

*Tabelul 3*

**Date fizice și de compoziție chimică pentru fracțiunile superioare**

| Fracțiunea | Randament față de țiței, % masă | | Densitatea la 70°C | | Indicele de refracție la 70°C | | Masa moleculară | | Distribuția carbonului în grupele structuraie | | | | | | Numărul mediu de cicluri pe moleculă | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | % $C_P$ | | % $C_N$ | | % $C_A$ | | $R_T$ | | $R_N$ | | $R_A$ | |
| | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* | *M* | *L* |
| 350—400°C | 10,5 | 8,4 | 0,8205 | 0,8640* | 1,4508 | 1,4812* | 321 | 320 | 59,4 | 64 | 39,8 | 24 | 0,8 | 12 | 1,61 | 1,61 | 1,49 | 1,07 | 0,12 | 0,54 |
| 400—450°C | 11,3 | 8,6 | 0,8281 | 0,8630 | 1,4525 | 1,4695 | 393 | 380 | 65,2 | 50 | 34,2 | 49 | 0 | 1 | 1,93 | 3,27 | 1,93 | 3,16 | 0 | 0,11 |
| 450—500°C | 6 | 8,8 | 0,8426 | 0,8760 | 1,4578 | 1,4750 | 480 | 460 | 64,1 | 48 | 35,9 | 49 | 0 | 3 | 2,84 | 3,7 | 2,84 | 3,5 | 0 | 0,2 |
| > 500°C | — | 12,9 | — | 0,8980 | — | 1,4870 | — | 540 | — | 47 | — | 50 | — | 3 | — | 4,76 | — | 4,52 | — | 0,24 |

* mărimi determinate la 20°C

*Tabelul 4*

**Parametrii de zăcământ, clasificarea hidrocarburilor**

| Zăcământul | Faza lichidă hidrocarburi | Densitatea fazei lichide la 20°C și 1 bar | Indicii structurali | | | Indicii de calitate | | | | Clasa | Grupa | Parametrii de zăcământ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $C_P^t$, % | $C_N^t$, % | $C_A^t$, % | $c$, % | $r$, % | $d$, % | $s$, % | | | temperatura | presiunea inițială | presiunea de saturație; presiunea de început de condensare | rația inițială de soluție; rația gaze/condensat |
| | | | | | | | | | | | | °C | bar | bar | $m^3_N/m^3$ |
| Albian Lebăda | țiței nesaturat | 0,841 | 51 | 33 | 16 | 6 | 7,72 | 23,3 | 0,21 | *PNA* | C.SR.NS | 100 | 300 | 270 | 192 |
| Meoțian Bucșani | țiței nesaturat | — | 75 | 19 | 6 | >2 | 6 | 32 | <0,5 | *P* | C.SR.NS | 66 | 180 | 150 | 120 |
| Dogger Mitrofani | condensat | 0,816 | 65 | 31,8 | 3,2 | 5,5 | 3,42 | 27,8 | 0,22 | *PN* | C.SR NS | 127 | 767 | 788 | 7 430 |

este mai redusă față de condensatul de la Mitrofani. Dacă pentru indicele de calitate $c$ diferențierea nu este prea însemnată și la fel și pentru indicele $s$, pentru indicele de calitate $r$ (rășini + + asfaltene) țițeiul de la Lebăda „dublează" mărimea față de condensatul de la Mitrofani.

În ce privește participarea parafinelor, naftenelor și aromaticelor ea apare distinctă.

La fracțiunile medii (tab. 2), se observă densități mai mari la Lebăda, la fel mărimi mai mari la indicii de refracție, participarea fracțiunilor medii fiind mai redusă la Lebăda. Indicii structurali sînt mai diferențiați, mai ales pentru $C_N$. În ceea ce privește gradul de ciclizare este mai accentuat la țițeiul de la Lebăda, de unde și mărimile mai ridicate pentru densitate. Ca linie generală pentru ambele probe gradul de ciclizare crește prin ridicarea domeniului de temperatură, așa cum este legic.

La fracțiunile superioare (tab. 3) se poate remarca un domeniu mai larg de temperatură la țițeiul de la Lebăda, densități mai mari tot la fracțiunile de la Lebăda și, în mod evident, reducerea pînă la dispariție a indicelui $C_A$ pentru condensatul de la Mitrofani. Pentru ambele probe gradul de ciclizare $R_T$ crește prin ridicarea intervalului de temperatură, dar cu mențiunea că în timp ce $R_A$ scade pînă la zero, la $R_N$ are loc o creștere mai accentuată o dată cu creșterea intervalului de temperatură, pentru că se pleacă de la compoziții inițiale diferite.

Aceste variații și diferențieri au și determinat variațiile din conținutul total al indicilor structurali (tab. 4), îndeosebi pentru $C'_A$ și $C'_P$.

Diferențieri sînt și în nivelele energetice ale celor două sisteme (tab. 4), cu precizarea că în sistemul dogger de la Mitrofani capacitatea energetică este net mai ridicată.

În lucrările [8; 9] s-a explicat această stare energetică ridicată prin contribuția energiei dezintegrării nucleare a radionuclizilor aflați în procente de reținut în sistemul dogger de la Mitrofani.

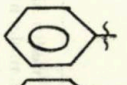
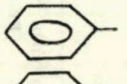
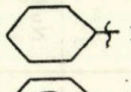
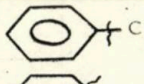
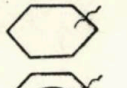
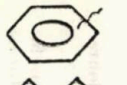
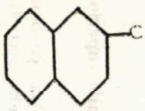
Aceste diferențieri structurale se cer a fi explicate, fapt pe care încercăm să-l facem comparînd energiile de disociere ale unor molecule (tab. 5) din sistemele hidrocarburilor analizate, cu nivelele energiei dezintegrării nucleare pentru unii radionuclizi întîlniți în doggerul de la Mitrofani [8; 9].

Dehidrogenarea pune în „libertate" H atomic, foarte activ, care, acționînd asupra ciclurilor aromatice, le „saturează", ducînd la formarea ciclurilor naftenice, fapt pentru care $C'_A$ a scăzut (tab. 1—4), în timp ce $C'_N$ a crescut.

Energia necesară dehidrogenării, care ar necesita energii de disociere la nivelul celor din tabelul 5, ținînd seama că 1 eV/atom = 23 kcal/mol, ar fi echivalentă cu circa 4,5 eV/atom, pe care sistemul radioactiv de la Mitrofani o depășește „de foarte multe ori", ținînd seama

*Tabelul 5*

**Energii de disociere**

| Tipul de moleculă | Energia de disociere, kcal/mol |
|---|---|
|  | 102 |
|  | 83 |
|  | 94-96 |
|  | 91 |
|  | 73,5 |
|  | 101 |
|  | 76 |

că numai dezintegrarea uraniului pune în „libertate" energii de 4,1—4,2 MeV [8; 9].

Cu un asemenea nivel energetic, ca la Mitrofani, detașarea radicalilor este realizată (tab. 5), iar ruperea „dublei" și „simplei" legături nu ar ridica probleme energetice.

Ruperea ciclurilor și detașarea radicalilor generează creșterea $C'_P$.

Ponderea structurilor aromatice în fracțiunile superioare, pentru ambele faze lichide analizate, este foarte redusă, mărimile pentru % $C_A$ și $R_A$ fiind foarte mici sau nule. Încercînd o explicație a scăderii ponderii elementului aromatic, se avansează ideea că pentru structurile aromatice și hidroaromatice policiclice, în condițiile energetice din zăcămînt și în prezența catalizatorilor, a putut avea loc „hidrocracare" cu formarea de componente parafinice și naftenice.

Energie în sistemul Mitrofani pentru transformarea „materiei organice" există, incinta de transformare (s-a arătat în lucrarea [9]) a fost „închisă" și, în situația aceasta, cu $V$ = const., dezintegrarea nucleară a generat temperaturi de zăcămînt și presiuni inițiale mari (tab. 4), care au „ajutat" procesele termocatalitice, catalizatorii fiind dați de structurile polare zeolitice purtătoare de pămînturi rare și structurile montmorillonitice legate tridimensional (*MLT*) „saturate" cu pămînturi rare [6; 7], aflate în proporții însemnate în colectorul de hidrocarburi fluide din doggerul de la Mitrofani [8; 9].

La asemenea nivele energetice — cazul structurii geologice Mitrofani [8; 9] — s-a depășit izoterma punctului critic (fig. 1) aflîndu-ne,

la starea inițială a sistemului (tab. 4), în domeniul comportării retrograde a zăcămintelor de gaze cu condensat, bordate de zone cu țiței saturat cu gaze, cum este cazul sistemului din doggerul acestei structuri.

Pe baza datelor din analizele fizico-chimice asupra probei de hidrocarburi fluide luată prin tester, la 20 VII 1978, din sonda 5 034, analize efectuate de I.C.P.P.G. Cîmpina, s-a stabilit, pentru starea inițială a zăcămîntului, că presiunea de început de condensare a fost de 788 bar, că presiunea inițială de zăcămînt a fost de 767 bar, temperatura fluidului din zăcămînt fiind de 127°C; ca atare la momentul inițial sistemul de hidrocarburi fluide se afla în domeniul bifazic, în jurul curbei de 1,2% fază lichidă și se comporta, ca atare, retrograd (fig. 1).

Căderea rapidă a presiunii în sonda 5 034, sub curba condensării maxime, a generat modificarea raportului indicilor structurali și de calitate. În baza indicilor structurali condensatul analizat „azi" se integrează în clasa parafin-naftenică.

Prin pierderea presiunii, pierderea de energie a sistemului a fost deosebit de mare, iar acest:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2,$$

după ecuația lui Einstein, a atras modificarea structurală a materiei, ceea ce permite supoziția că actualul sistem lichid-condensatul *PN* provine dintr-un sistem aflat inițial la un nivel energetic net mai ridicat, adică dintr-un condensat aparținînd clasei parafinice.

Regăsim deci și prin prisma condensatului că în procesul de exploatare compoziția chimico-structurală a sistemelor de hidrocarburi fluide se modifică, așa cum s-a întîmplat (fig. 1) cu țițeiul din meoțianul de la Bucșani [10].

Pentru albianul de la Lebăda analizele structurale și criteriul energetic situează sistemul în stînga izotermei punctului critic și deasupra curbei presiunilor de saturație (fig. 1). Anomaliile de presiune și de temperatură din albianul de la Lebăda sînt generate de energia termonucleară și catalitică din sistem, prezența catalizatorilor de tip zeolitic și de tip *M.L.T.* saturate cu pămînturi rare și cu elemente radioactive și incinta închisă a zăcămîntului au fost prezentate în lucrările [5; 6].

Capacitatea energetică a sistemului din albianul de la Lebăda este însă net mai redusă față de starea de la Mitrofani (tab. 4) și de aceea și transformările structurale ale sistemului de hidrocarburi sînt distincte.

Reține atenția în tabelul 4 și situația sistemului de hidrocarburi fluide din meoțianul structurii geologice Bucșani, cu un țiței aparținînd clasei parafinice, avînd particularitatea celei mai ridicate mărimi, întîlnite pînă în prezent la țițeiurile din România [1; 2; 9; 10], $C'_P = 75\%$. Mărimea redusă a indicelui structural $C'_A$, precum și cea a indicelui $C'_N$, mărimea indicelui de calitate $d$, din grupa mărimilor ridicate întîlnite în România [4], pe schema transformărilor structurale schițate anterior, ar atrage atenția că și sistemul meoțian din structura Bucșani s-ar fi putut afla în condiții de transformare termo-radioactiv-catalitice observate la celelalte două sisteme analizate anterior în lucrare. S-ar impune și pentru sistemul energetic din meoțianul de la Bucșani cel puțin un studiu de natura celui prezentat. În lucrarea [10] s-a arătat că după 33 de ani de exploatare, pe seama energiei proprii, țițeiul de la Bucșani a trecut din clasa *P* în clasa *PN*, modificîndu-și atît indicii structurali, cît și indicii de calitate.

Acest gen de transformări termo-radioactiv-catalitice a fost prezentat pe larg pentru țițeiurile din dacianul și meoțianul structurii Măgurele—Mălăiești [7] și de aceea se va prezenta numai o scurtă sinteză. Țițeiul din dacianul structurii Măgurele—Mălăiești aparține clasei *PN*, un țiței mai puternic transformat [2; 3; 4] față de țițeiurile clasei *PNA*, căreia aparține țițeiul din meoțian. Energie de transformare mai ridicată a existat în sistemul dacian din cauza prezenței, în proporții mai mari, a radionuclizilor U, Th, K, Nb, Y, Zr, Ru, Rh, Er, P, Rb, atît în mediul solid poros-permeabil, cît și în apa de zăcămînt, precum și în sistemul de hidrocarburi fluide. Participarea mai intensă a U, Th, Rb în țițeiul din dacian, față de sistemul colector + apa de zăcămînt, ar ilustra [7] o intensitate radioactivă mai mare în geneza materiei organice primare a sistemului, față de singeneza rocii și apei de zăcămînt.

Prezența în țițeiul meoțian a fracțiunilor cu mase moleculare mai mari s-ar datora [7] și prezenței net inferioare în sistem a zeoliților catalitici, precum și a sitelor moleculare de tip montmorillonit legat tridimensional, rețele cristaline polare saturate cu radionuclizi și, de asemenea, unei participări mai scăzute, față de dacian, a rețelelor uranifere ale samarskitului și xenotimului.

Ca urmare, o intensitate mai redusă a dezintegrării nucleare în sistemul meoțian a condus sistemul de hidrocarburi fluide doar în clasa parafin-naften-aromatică.

Pe baza situației schițate pentru structura Măgurele—Mălăiești s-ar putea reliefa concluzia că la Mitrofani condensatul analizat „azi" aparține clasei *PN*, dar ar proveni din clasa *P*, la care s-a aflat inițial, din cauza nivelului energetic generat de intensitatea dezintegrării nucleare, net mai mare față de situația energetică din structura Lebăda, fapt pentru care țițeiul din albian s-a aflat inițial (fig. 1) doar în clasa *PNA*.

Desigur lărgirea sfere ide analiză — pe această problematică — și la alte zone și timpi geolo-

gici, ar putea susține și mai pregnant ipotezele formulate în prezenta lucrare și în lucrările [7; 9], cercetare ce ne-o propunem pentru etapa viitoare.

**Bibliografie**


[1] Creangă, C. et al. *Les pétroles bruts roumains dans la classification Carpatica.* Revue de Chimie, t. VII, nr. 1, 1962, Academ. de la République Populaire Roumaine.

[2] Pârcălăbescu, D. I. *Câteva considerații fizico-chimice și geochimice asupra unor țițeiuri din România.* Mine, Petrol și Gaze, **30**, nr. 10, 1979.

[3] Pârcălăbescu, D. I. *Asupra energiei sistemelor de hidrocarburi fluide în condiții de zăcământ.* Mine, Petrol și Gaze, **30**, nr. 11, 12, 1979.

[4] Pârcălăbescu, D. I., Ismailov, K. K. *Prognozarea stărilor de agregare ale sistemelor de hidrocarburi fluide în procesele de exploatare folosind datele analizelor geochimice și fizico-chimice.* Mine, Petrol și Gaze, **36**, nr. 9, 1985.

[5] Pârcălăbescu, D. I. *Asupra interacțiunii apei marine și de injecție cu unele gresii albiene.* Mine, Petrol și Gaze, **38**, nr. 5, 1987.

[6] Pârcălăbescu, D. I. *Zeoliți decelați în roci colectoare și protectoare ale unor zăcăminte de hidrocarburi fluide din România și unele supoziții de geneză.* Mine, Petrol și Gaze, **39**, nr. 6, 1988.

[7] Pârcălăbescu, D. I., Brebeanu, Gh., Nistor, I. *Asupra alcătuirii chimico-structurale a țițeiurilor din structura Măgurele—Mălăiești și unele supoziții de geneză.* Mine, Petrol și Gaze, **39**, nr. 11, 1988.

[8] Pârcălăbescu, D. I., Nistor, I. *Asupra compoziției chimico-mineralogice a mediului solid din structura Mitrofani.* Mine, Petrol și Gaze, **40**, nr. 1, 1989.

[9] Pârcălăbescu, D. I. ș.a. *Contribuție la cunoașterea compoziției chimice a fluidelor din zăcământul dogger al structurii Mitrofani.* Mine, Petrol și Gaze, **40**, nr. 3 1989.

[10] Pârcălăbescu, D. I., Besnea, D. *Modificări structurale ale țițeiurilor în procesele de exploatare.* Mine, Petrol și Gaze, **40**, nr. 4, 1989.


# Noutăți referitoare la procesul de tratare a apei de mare în vederea injecției acesteia în zăcământ


Asist. ing. **Fl. Simion—Constantinescu**


## I. Generalități

Exploatarea zăcămintelor de hidrocarburi, concomitent cu injecția de apă, ciștigă tot mai mult teren în rindul tehnologiilor de extracție a petrolului, pe seama obținerii unui factor de recuperare ridicat.

Acest mod de exploatare este recomandat, mai ales în cazul zăcămintelor subacvatice unde, din cauza costului ridicat al exploatării, se cere un factor de recuperare cît mai mare.

Este unanim acceptat faptul că [1; 2] cel mai bun agent lichid de injecție, în vederea menținerii în zăcământ a unei presiuni superioare presiunii de saturație, este apa singenetică (apa de zăcământ) datorită echilibrului fizico-chimic existent între aceasta și rocă de-a lungul timpului geologic.

În zonele unde lipsește acest ideal agent de injecție (îndeosebi în cazul zăcămintelor subacvatice) se preconizează condiționarea apei existente (riuri, lacuri, mări etc.), în vederea injecției acesteia în zăcământ.

## II. Surse de apă pentru injecție

1. *Surse de ape dulci*

**a.** Apa existentă în riuri și lacuri, din punctul de vedere al compatibilității acesteia cu zăcămîntul de hidrocarburi, este de slabă calitate datorită conținutului ridicat de material vegetal și animal, de oxigen și de suspensii mecanice.

Condiționarea apei [3] în vederea injecției, în acest caz, presupune instalații complexe de filtrare și aditivare. Un alt dezavantaj pe care îl prezintă această sursă de apă îl constituie faptul că nu se pot folosi tehnologii generale de tratament și condiționare în vederea injecției, din cauza variației geografice, diurne și sezoniere a parametrilor caracteristici.

**b.** Apa existentă la nivelul pînzelor freatice prezintă marele avantaj conferit de filtrarea naturală dar, existența bacteriilor anaerobe [3] determină un costisitor proces de condiționare a apei care, uneori, conduce la investiții destul de ridicate. De asemenea, se impun restricții în utilizare cerute de pericolul diminuării resurselor de apă potabilă existente în respectiva zonă geografică.

2. *Surse de ape sărate*

**a.** Apa sărată cantonată în zăcămintele din vecinătatea zonei de interes presupune existența unor sonde de extracție a apei sărate din zăcămînt și — în general — nu necesită operații speciale de tratament.

Problemele care se ridică în acest caz sînt legate de existența bacteriilor anaerobe [3], uneori a dioxidului de carbon și a hidrogenului sulfurat.

Datorită agresivității apei sărate se impun măsuri menite să protejeze materialul tubular prin care circulă.

**b.** Apa mărilor și oceanelor, în cazul activității off-shore [5] este aproape exclusiv folosită din cauza inexistenței altui agent fluid de injecție.

Prin compoziția sa, apa mărilor și a oceanelor presupune un complex proces de tratament și condiționare în vederea injecției în zăcămînt, generat de existența [3] fito și zooplanctonului, a oxigenului, a suspensiilor mecanice, a bacteriilor anaerobe și a agresivității caracteristice.

Un alt impediment, care se cere a fi rezolvat în acest caz, este conținutul ridicat al apei de mare în ioni [1 ; 2] care, la nivelul zăcămîntului, pot genera precipitați insolubili și umflarea argilelor cu repercusiuni imediate asupra permeabilității zonei de zăcămînt din spatele frontului de dezlocuire.

## III. Tratarea și condiționarea apei de injecție

Obiectivele urmărite [4] în procesul de tratare a apei în vederea injecției acesteia în zăcămînt, prezentate succint, sînt legate de :

— blocarea zonei de zăcămînt din spatele frontului de dezlocuire datorită existenței în apa de injecție a suspensiilor solide, a zoo și fitoplanctonului, a produșilor rezultați în urma procesului de coroziune, precum și a precipitaților formați în urma reacțiilor dintre agentul de injecție și rocă ;

— agresivitatea apei de injecție (conținut de $H_2S$, $CO_2$ și $O_2$) care conduce la scoaterea rapidă din funcțiune a instalațiilor aferente procesului de injecție ;

— umflarea argilelor în procesul intim al schimbului ionic dintre acestea și apă.

Într-o primă clasificare se deosebesc următoarele metode de tratare.

● Metode fizice care presupun procese de decantare, separare și filtrare, precum și degazarea agentului de injecție prin stripare sau vacuumare (eliminarea $O_2$, $H_2S$ și $CO_2$).

● Metode chimice care se referă, în principal, la aditivarea apei de injecție cu agenți tensioactivi, inhibitori de coroziune și de crustă.

● Metode biologice prin care se acționează asupra agentului de injecție în sensul distrugerii fito și zooplanctonului.

În general, într-un proces complex de tratare a apei de injecție se folosesc toate cele trei metode de condiționare, îmbinate după o anumită schemă, funcție de sursa de apă și caracteristicile zăcămîntului în care urmează să se facă injecția.

În figura 1 este prezentată schema de flux dintr-o instalație complexă de tratare a apei de mare care face uz de principalele metode de condiționare prezentate mai sus.

Aceasta asigură următoarele facilități.

**1.** Eliminarea din apa de mare a suspensiilor mecanice, a fito și zooplanctonului pînă la dimensiunea de 2 μm. Operația se realizează în trei trepte de filtrare (**a**, **b**, **c**).

**a.** Filtrele grosiere ce au rolul de a elimina particulele de dimensiuni mai mari de 150 μm ; sînt alcătuite din mai multe cartușe filtrante construite din site metalice inoxidabile și conferă posibilitatea curățării periodice prin spălare inversă cu apă deja filtrată la nivel grosier.

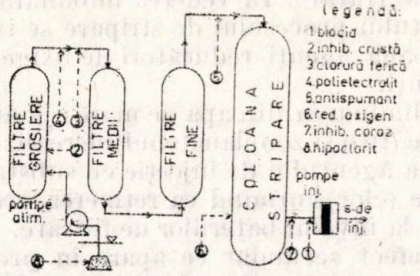



Fig. 1. Shema fluxului de tratare a apei de mare.

**b.** Filtrele medii ce au rolul de a elimina, din apa de mare, particulele de dimensiuni cuprinse între 150 și 15 μm ; sînt de tipul filtrelor cu împachetare, construite din recipienți metalici în interiorul cărora sînt dispuse selectiv straturi de materiale filtrante (nisip de diferite granulații, cărbune activ, pietriș etc.). Curățarea periodică a bateriilor de filtre medii se face pe rînd și tot prin recirculare inversă a apei filtrate la nivel grosier.

**c.** Filtrele fine ce au rolul de a elimina din apa de injecție particulele cu dimensiuni cuprinse între 15 și 2 μm. Acestea sînt alcătuite din cartușe filtrante care, la rîndul lor, sînt construite din materiale inoxidabile ce prezintă o rețea de pori cu diametrul de circa 1—2 μm. Fabricarea lor presupune [4] tehnologii de mare complexitate bazate, în principal, pe procese de electrocoroziune.

De asemenea, aceste baterii de filtre pot fi regenerate (curățate) prin spălare inversă cu apă filtrată la nivel mediu.

Procesul de filtrare, cît și de spălare inversă a celor trei baterii se cere a fi complet automatizat (eventual controlat de un calculator de proces), datorită numărului relativ mare de manevre a robineților aferenți.

De remarcat este faptul că atît regenerarea bateriilor de filtre, cît și intervențiile care se fac în vederea eliminării unor defecțiuni apărute nu afectează continuitatea procesului de condiționare a apei.

În vederea îmbunătățirii randamentului filtrării se injectează în apa filtrată la nivel grosier agenți floculanți care aglomerează particulele de dimensiuni microscopice în agregate mai mari ce sînt reținute de filtrele medii și fine.

2. Eliminarea din apa de mare a oxigenului pînă la nivelul de 0,002 ppm, în vederea reducerii agresivității agentului de injecție și opririi procesului de dezvoltare a bacteriilor aerobe în zăcămînt.

În general, în sistemele complexe de tratare se pot folosi degazoare vacuumetrice sau (și) coloane de stripare. Acestea din urmă au cucerit tot mai mult teren din cauza simplității și eficienței ridicate datorate prezenței gazelor de sondă (necesare stripării) în apropierea instalației de tratare. În vederea îmbunătățirii randamentului procesului de stripare se injectează în coloană agenți reducători de oxigen și antispumanți.

3. Eliminarea din apa de mare a materialului biologic (fito și zooplanctonul) se realizează prin tratarea agentului de injecție cu substanțe bactericide (clor), urmînd ca reținerea acestora să se facă la nivelul bateriilor de filtrare.

Un efect secundar ce apare în procesul de clorinare este [1 ; 2] acela al formării sulfatului de calciu (mai puțin solubil care se depune) ce constituie un mare dezavantaj al metodei.

De asemenea, conferirea apei clorinate a unui slab caracter acid [1], demonstrează necesitatea găsirii de noi soluții pentru îndepărtarea materialului biologic din apa de mare.

4. Prevenirea dezvoltării în zăcămînt a bacteriilor și microalgelor anaerobe care pot avea consecințe negative, mergînd pînă la blocarea totală a zonei de zăcămînt din spatele frontului de dezlocuire [2 ; 4]. În urma cercetărilor biochimice se stabilesc cel puțin doi agenți (cu acțiune diferită) ce au caracter bactericid cu care urmează să se aditiveze apa de mare.

Schimbarea periodică a bioacizilor se face din rațiunea împiedicării formării imunității bacteriilor și microalgelor față de substanțele respective.

5. Reducerea agresivității apei de mare, în vederea protejării materialului tubular, se realizează prin injecția în apa de mare filtrată și aditivată a inhibitorilor de coroziune.

De o mare importanță în funcționarea la parametrii proiectați a unei astfel de instalații de tratare a apei de mare este existența unui minim de aparate de măsură și analiză care să furnizeze, în mod continuu, informații privitoare la : conținutul în clor rezidual ; corosivitatea ; turbiditatea ; conținutul inițial și final în $O_2$ al apei de injecție.

Metoda de tratare a apei de mare în vederea injecției în zăcămînt, prezentată succint în acest articol, constituie o soluție care nu rezolvă în totalitate problemele de compatibilitate fizico-chimică a agentului de injecție cu roca.

De aceea se impun noi studii și cercetări menite să confere apei de mare și de ocean cel puțin calitățile apei singenetice care constituie, pînă în prezent [1], cel mai adecvat dezlocuitor al țițeiului în condiții de zăcămînt.

**Bibliografie**


[1] Pârcălăbescu, D. I. *Apa singenetică — cel mai adecvat dezlocuitor al țițeiului în condiții de zăcămînt.* Mine, Petrol și Gaze, **32**, nr. 3, 1981.

[2] Pârcălăbescu, D. I., Manea, F., Nistor, I. *Asupra interacțiunii apei marine și de injecție cu unele gresii albiene.* Mine, Petrol și Gaze, **38**, nr. 5, 1987.

[3] Latil, M. et al. Enhanced oil recovery, 1980.

[4] Popa, C. *Proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi.* Note de curs, 1988.

[5] * * * Petroleum Engineer — iulie 1987, p. 28.

[6] Livingstone, H. K. *Surface energy relationships in petroleum rezervoirs.* AIME, vol. 151.

# Informații

## Consfătuire cu cadrele tehnico-inginerești și cu bibliotecarii din unitățile miniere și de preparare a minereurilor

În ziua de 21 aprilie a.c. la Brad a fost organizată de către Comitetul de Cultură și Educație Socialistă al județului Hunedoara, împreună cu Consiliul de Educație Politică și Cultură Socialistă al orașului Brad, o consfătuire cu cadrele tehnico-inginerești și bibliotecarii din unitățile miniere de preparare a minereurilor din bazinul Brad. La consfătuire au participat, de asemenea, reprezentanții Bibliotecii Județene Hunedoara, Comisiei Județene Hunedoara a Inginerilor și Tehnicienilor, Institutului Național de Informare și Documentare, Bibliotecii Centrale de Stat, Oficiului de Stat pentru Invenții și Mărci și Oficiului de Informare Documentară pentru Industria Minieră.

Participanții la consfătuire au fost salutați de către tovarășul **IONEL VLAD**, prim-secretar al Comitetului Orășenesc de Partid Brad care, în cuvîntul său, a remarcat eforturile și rezultatele obținute de oamenii muncii din zona orașului Brad în realizarea sarcinilor care decurg din Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R. pe drumul construirii societății socialiste multilateral dezvoltate în România.

În cadrul consfătuirii au fost prezentate următoarele referate.

**1.** Preocupări ale unităților miniere din județul Hunedoara privind extinderea tehnologiilor de extracție cu productivitate sporită și consum redus de materiale, dr. ing. **POP ALEXANDRU**, vice-președintele Comisiei Județene Hunedoara a Inginerilor și Tehnicienilor.

**2.** Organizarea științifică a producției și a muncii, mecanizarea și automatizarea, imperativ major al creșterii productivității muncii, dr. ing. **KHEIL OTTMAR**, directorul tehnic al Întreprinderii Miniere Barza.

**3.** Produsele și serviciile de informare ale I.N.I.D. în scopul progresului tehnico-științific, ing. **MOȘU ANDREI**, șef de sector la Institutul Național de Informare și Documentare București.

**4.** Preocupările O.I.D.I.M. pe plan intern și internațional în informarea tehnico-științifică a cadrelor de conducere și specialiștilor din industria minieră, ing. **ENE MINEA**, șeful Oficiului de Informare Documentară pentru Industria Minieră București.

**5.** Informarea de brevete — o sursă de informare științifică și tehnică, ing. **COLIU ELENA**, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci București.

**6.** Preocupări ale revistei Mine, Petrol și Gaze privind informarea în minerit, filolog **VRÂNCEANU ELENA**, șef de rubrică al revistei Mine, Petrol și Gaze.

**7.** Realizări și pregătire în activitatea de informare a B.C.S. Instrumente de informare colectivă, prof. **ȚÂNDĂREANU VALERIA**, Biblioteca Centrală de Stat București.

**8.** Împrumutul interbibliotecar, intern și internațional — formă de cooperare bibliotecară în sprijinul informării tehnico-științifice a specialiștilor, prof. **RAZBA MARIA**, Biblioteca Județeană Deva.

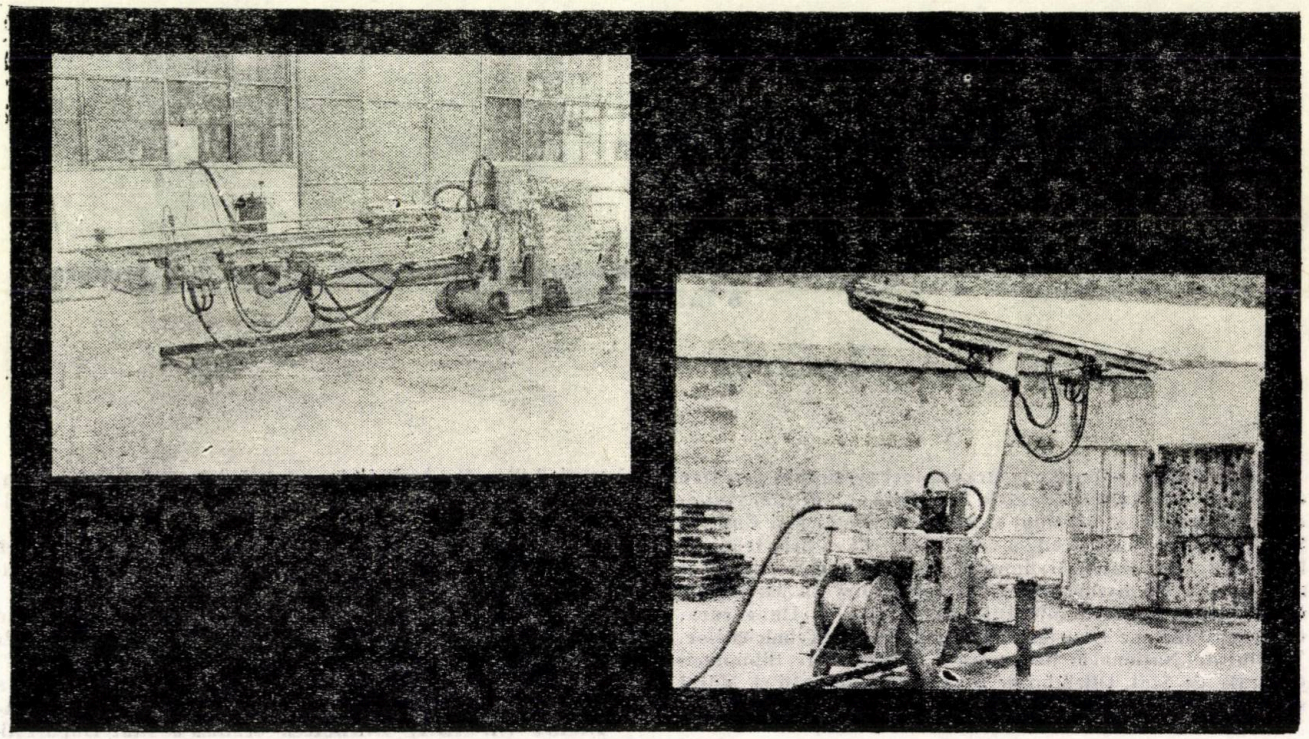
După terminarea lucrărilor, participanții au vizitat Muzeul Aurului Brad, unic din țara noastră și, respectiv, printre puținele muzee de acest gen din lume, mărturie a îndelungatei îndeletniciri a locuitorilor de pe meleagurile Țării Zarandului.

Prin nivelul ridicat al conținutului teoretic și practic al referatelor prezentate și al expoziției de cărți și publicații periodice și neperiodice organizate de Întreprinderea Minieră Barza, apreciem că această consfătuire — care constituie o premieră în activitatea de informare documentară în industria minieră din țara noastră — a fost deosebit de utilă participanților și se recomandă ca asemenea manifestări să fie organizate și în celelalte bazine miniere din țara noastră.

Dorim ca, și pe această cale, să mulțumim tovarășei prof. **RAFILA IACOB**, președinta Comitetului de Cultură și Educație Socialistă al Județului Hunedoara, tovarășei prof. **VALERIA STOIAN**, directoarea Bibliotecii Județene Deva, tuturor organizatorilor care au inițiat și contribuit la buna desfășurare a acestei acțiuni, menite să informeze și să popularizeze progresul tehnic în industria extractivă și de preparare a minereurilor.

CENTRALA – DEPARTAMENT A GEOLOGIEI

# ÎNTREPRINDEREA DE PROSPECȚIUNI ȘI EXPLORĂRI GEOLOGICE HUNEDOARA-DEVA



Experimentează cu bune rezultate, la operaţia de perforare în lucrările miniere orizontale, un nou utilaj:

INSTALATIA MOBILA DE PERFORAT CU UN BRAT
TIP IMP - 1

avînd următoarele caracteristici şi performanţe:

- secţiunea de săpare a galeriei, 3,6 - 20 $m^2$;
- înălţimea de perforare, 3,65 m;
- lăţimea frontului, 5,70 m;
- cursa de perforare, 2,5 m;
- puterea motorului electric, 5,5 kW;
- presiunea în sistemul hidraulic, 150 bar;
- viteza de deplasare, 2 km/h;
- tipul perforatorului, P 125;
- consum aer comprimat, 10 $m^3/h$;
- unghi rotire braţ, $\pm$ 180°;
- duritatea rocilor, T; FT; ET;
- creşterea productivităţii, 15 - 30%;
- reducerea consumului de timp cu 30 - 50%;
- creşterea vitezei lunare de avans cu 15 - 32%;
- reducerea completă a efortului fizic.

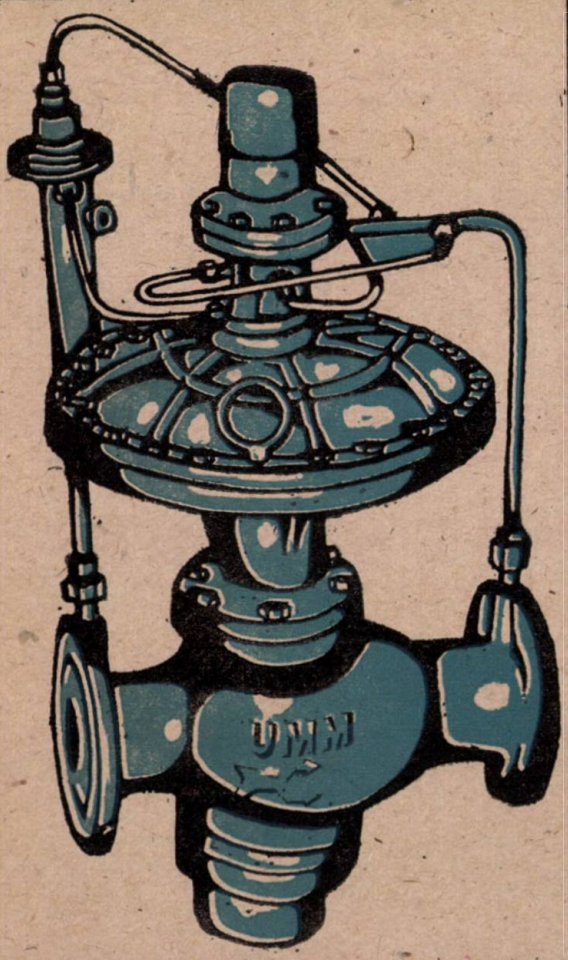
Instalaţia se află în curs de experimentare şi poate fi văzută la şantierul Boiţa - Livezi Haţeg.

CONCEPTIA: Institutul de Mine Petroşani;
PROIECTANT: ICSITUMMR Timişoara, Atelier 310 Petroşani;
CONSTRUCTOR: Intreprinderea de Utilaj Minier Petroşani.

RELATII SUPLIMENTARE: I.P.E.G. HUNEDOARA, DEVA

IPEGH
Strada Minerului nr. 2
Telefon 22310 · Telex 32283
Cont 3011921210105 B.I. Deva

# INTREPRINDEREA MECANICA GAZ METAN MEDIAS



PRODUCE SI LIVREAZA:

- arzătoare gaze naturale;
- aparatură pneumatică (elemente de automatizare cîmpuri sondă, elemente de siguranţă presiune gaze; elemente de reglare presiune gaze şi elemente de automatizare a instalaţiilor de ardere cu gaze naturale);
- utilaj tehnologic pentru ţiţei şi gaze (pompe hidraulice; aparatură pentru filtrare-separare; încălzitoare şi schimbătoare de căldură; utilaje complexe pentru extracţia gazelor naturale);
- aparate de măsură debite gaze;
- piese de schimb (utilaj petrolier; compresoare şi motocompresoare);
- reparaţii utilaj petrolier.

PRODUSE CU CARACTER DE NOUTATE IN AUTOMATIZARI PROCESE ARDERE - ASIMILATE

- regulatoare directe de raport tip RR-Dn 15...100 mm;
- regulatoare directe presiune diferenţială gaz/presiune diferenţială aer tip RRD-Dn 15...100 mm;
- robineţi cu clapă fluture pentru aer rece sau cald (500° C), acţionaţi manual sau electric, tip RCF-Dn 50...500 mm;
- supapă descărcare atmosferă tip SDA-1, Dn 32 mm;
- arzător pilot tip AP 0,2/400.

IMGM MEDIAS, str. Aurel Vlaicu nr. 35 A
telefon: 15864

MINISTERUL MINELOR

# CCITPSM

CENTRUL DE CERCETĂRI, INGINERIE TEHNOLOGICĂ
ȘI PROIECTĂRI PENTRU SECURITATE MINIERĂ
2675 Petroșani — Str. Dr. Petru Groza Nr. 32-34
Telefon: 41621-41622 (centrala); 42233 (secretariat)

EXECUTĂ LUCRĂRI DE CERCETARE ȘI INGINERIE TEHNOLOGICĂ ÎN DOMENIILE:

- explozivi și materiale de inițiere;
- tehnologii de împușcare;
- metode și mijloace tehnice de limitare a exploziilor;
- aeraj general și parțial;
- degazarea minelor;
- prevenirea și combaterea metanului, a altor gaze și pulberi explozive sau toxice;
- prevenirea și combaterea focurilor endogene și a incendiilor;
- prevenirea și combaterea prafului pneumoconiotic, a zgomotului, vibrațiilor în subteran, cariere și uzine de preparare;
- psihologia muncii;
- salvare minieră;
- perfecționarea tipurilor de protecție ale echipamentelor electrice antigrizutoase și antiexplozive;
- materiale pentru atmosfere potențial explozive;
- protecția rețelelor electrice miniere.

EFECTUEAZĂ SERVICII DE SPECIALITATE PRIVIND:

- verificarea materialelor explozive;
- asistență tehnică la lucrările de împușcare speciale (demolări, împușcări subacvatice, pentru protecția obiectivelor față de acțiunea seismică a exploziilor etc.);
- analize fizico-chimice;
- instruire laboranți pentru analize pulberi și gaze;
- instruire - reinstruire salvatori, verificare și reparare aparatură salvare și autosalvare;
- testarea psihologică a personalului;
- elaborează și livrează material de propagandă de protecția muncii;
- verificarea, încercarea și atestarea echipamentelor și materialelor pentru atmosfere potențial explozive;
- asistență tehnică la lichidarea avariilor și stabilirea măsurilor de tehnica securității.

E 1445

66

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 40, iunie 1989

6

# ICITPML CRAIOVA

MINISTERUL MINELOR

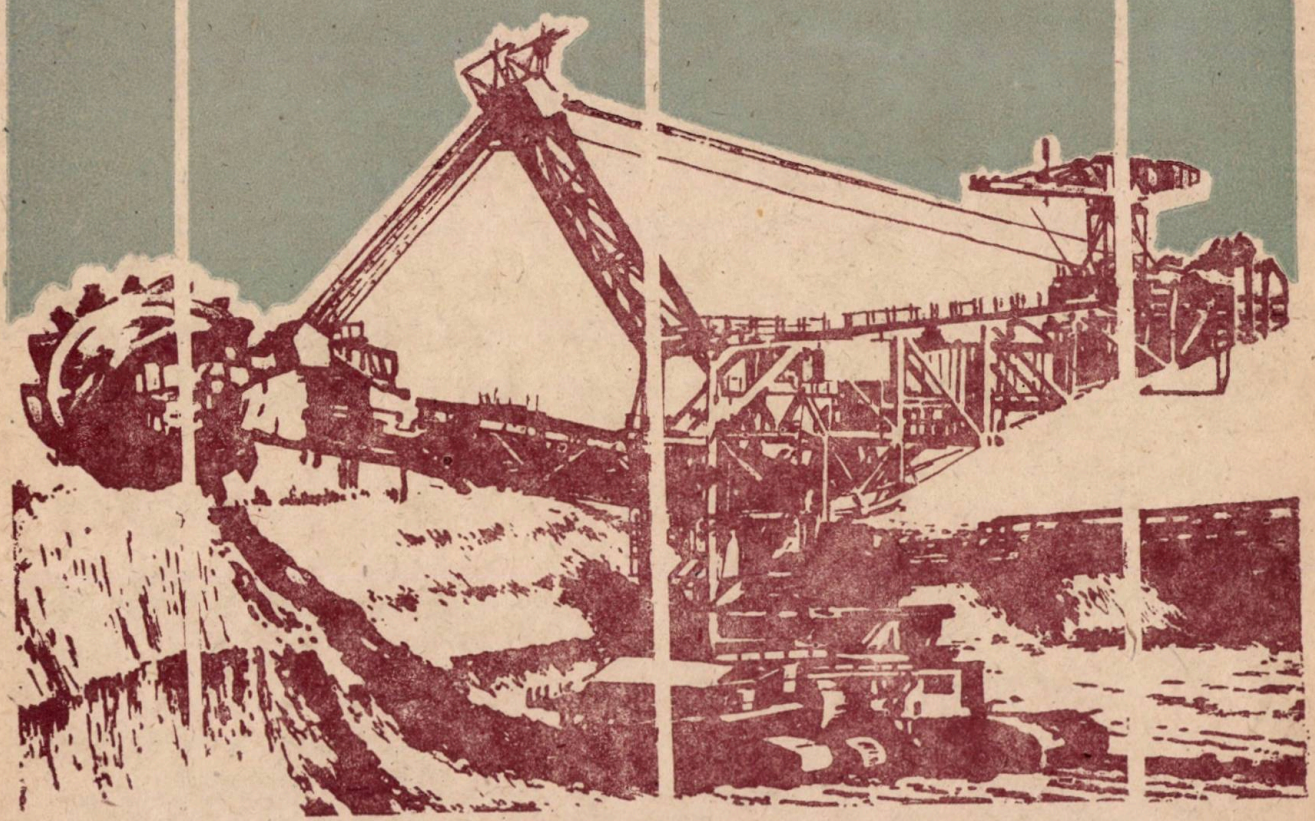
INSTITUTUL DE CERCETARI, INGINERIE TEHNOLOGICA SI PROIECTARI MINIERE PENTRU LIGNIT

OFERA:

- consultaţii tehnice şi expertize în domeniul exploatării la zi, al construcţiei minelor pentru cărbune energetic, al asecării zăcămintelor;
- studii de fezabilitate, cercetări tehnologice şi proiecte pentru valorificarea zăcămintelor de cărbune energetic;
- studii de fezabilitate, cercetări tehnologice şi proiecte pentru exploatarea la zi şi asecarea zăcămintelor;
- tehnologii şi proiecte pentru excavarea şi transportul în exploatările la zi;
- proiecte pentru lucrări de artă, construcţii civile şi industriale, proiecte de organizare a şantierelor miniere;
- studii şi cercetări geotehnice şi de mecanica rocilor.

INSTITUTUL DE CERCETARI, INGINERIE TEHNOLOGICA SI PROIECTARI MINIERE PENTRU LIGNIT

CRAIOVA, ROMANIA
Str. Unirii nr. 139



# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

Nr. 6 1989


MŰSZAKI INFORMÁCIÓS SZOLGÁLAT KÖZPONTI KÖNYVTÁRA 1883

## CUPRINS


*Leţu, N., Semen, C., Onica, I.* **Cercetări privind stabilitatea galeriilor de subetaj şi a intersecţiilor la mina Fagu Cetăţii, în vederea alegerii celui mai adecvat tip de susţinere** 250

*Pleşea, V., Almăşan, Şt.* **Tehnologie şi utilaje pentru susţinerea cu panouri prefabricate din beton armat a puţurilor săpate prin forare** 259

*Constantinescu, I., Darabont, Al., Ciodaru M.* **Posibilităţi de aplicare a controlului stării prin vibraţii a maşinilor şi instalaţiilor din industria minieră** 264

*Pavel, A.* **Condiţia generală de securitate tehnică privind structurile şi componentele recipientelor rezervoarelor tehnologice** 269

*Ulmanu, V., Zecheru, Gh., Drăghici, Gh., Marcu, M., Minescu, M., Ispas, V.* **Cercetări privind construcţia, fabricaţia şi utilizarea prăjinilor de forat din aliaje de aluminiu (II)** 273

*Rădulescu, V.* **Intervenţia sub presiune la sondele în erupţie naturală (I)** 283

*Frunzescu, D.* **Studiul condiţiilor de sedimentare ale orizontului inferior al gresiei de Kliwa din oligocenul Pintenului de Văleni** 288

**Din istoria petrolului românesc**

*Moisin A.* **Producţia de ţiţei de la începuturi pînă în anul 1914 în zona Băicoi — Ţintea**



### COLEGIUL DE REDACŢIE

*Preşedinte:* ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.268.1 : 622.281

Leţu, N., Semen, C., Onica, I. *Cercetări privind stabilitatea galeriilor de subetaj şi a intersecţiilor la mina Fagu Cetăţii, în vederea alegerii celui mai adecvat tip de susţinere*

Autorii efectuează o analiză critică a modului de amplasare a galeriilor de subetaj pentru care descriu şi mecanismul de deformare a minereului şi modul de dezvoltare a presiunilor. În baza observaţiilor de la mina Fagu Cetăţii, se propune modificarea amplasamentului galeriilor de subetaj, respectiv transversal faţă de corpul de minereu.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989*i*

C.Z. 622.283.4 : 622.257.2

Pleşea, V., Almăşan, Şt. *Tehnologie şi utilaje pentru susţinerea cu panour prefabricate din beton armat a puţurilor săpate prin forare*

Se analizează elementele privind dotarea necesară cu instalaţii şi materiale, precum şi tehnologia de execuţie a puţului şi de susţinere cu panouri prefabricate.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

C.Z. 620.19 : 621.879 : 629.114.4 : 622.734

Constantinescu, I., Darabont, Al., Ciodaru, M. *Posibilităţi de aplicare a controlului stării prin vibraţii a maşinilor şi instalaţiilor din industria minieră*

În lucrare se dau exemple de aplicare a controlului stării prin vibraţii la excavatoarele de mare capacitate, autobasculantele şi morile autogene de la mina Quebec Cartier din Canada.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

C.Z. 622.692.23

Pavel, A. *Condiţia generală de securitate tehnică privind structurile şi componentele recipientelor rezervoarelor tehnologice*

Valorificîndu-se fundamentele rezistenţei clasice a materialelor, teoriei stabilităţii mecanostatice a structurilor, mecanicii fracturării sistemelor omonime sau termomecanice şi teoriei moderne a fiabilităţii, în concordanţă strictă cu axioma probabilităţii compuse, se enunţă — într-o formă generală — un criteriu ingineresc de securitate tehnică.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. ş. a. *Cercetări privind construcţia, fabricaţia şi utilizarea prăjinilor de forat din aliaje de aluminiu (II)*

Sînt prezentate principalele tipuri de aliaje pe bază de aluminiu utilizate (pe plan mondial şi la noi în ţară) la confecţionarea prăjinilor de foraj, indicîndu-se compoziţiile lor chimice şi tratamentele termice sau termomecanice ce trebuie aplicate pentru a conferi acestora stările structurale compatibile cu asigurarea caracteristicilor mecanice necesare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

C.Z. 622.276. 41 : 622.276.51

Rădulescu, V. *Intervenţia sub presiune la sondele în erupţie naturală (I)*

Se descriu, detaliat, toate tipurile de instalaţii de manevrat sub presiune, cu toate sistemele şi subansamblele componente.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

C.Z. 622.323

Frunzescu, D. *Studiul condiţiilor de sedimentare ale orizontului inferior al gresiei de Kliwa din oligocenul Pintenului de Văleni*

Autorii analizează faciesul turbiditic al orizontului inferior al gresiei de Kliwa pe baza unor parametri sedimentologici : gruparea structurilor interne într-o secvenţă de tip Bouma, energia paleocurenţilor, grosimea şi continuitatea stratelor şi structurilor interne. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

**Din istoria petrolului românesc**

C.Z. 622.323(09)

Moisin, A. *Producţia de ţiţei de la începuturi pînă în anul 1914 în zona Băicoi — Ţintea* Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

# CONTENTS


C.Z. 622.268.1 : 622.281

Leţu, N., Semen, C., Onica, I., *Research work on the stability of subcaving roads and intersections at the Fagu Cetăţii mine with a view to choosing the best support system*

The authors present a critical analysis of the way in which the subcaving roads are placed, and describe the deformation mechanism of the ore and the way pressures develop. According to studies made at the Fagu Cetăţii mine, the modification of the placement of subcaving roads is proposed, that is across the ore body.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.283.4 : 622.257.2

Pleşea, V., Almăşan, Şt. *A new method and machines for the prefabricated panels support with reinforced concrete of drilled shafts*

The elements concerning the necessary installations and materials are analysed, as well as the method of shaft drilling and its support with prefabricated panels.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 620.19 : 621.879 : 629.114.4 : 622.734

Constantinescu, I., Darabont, Al., Ciodaru, M. *Possibilities for the application of state control by vibration of the machines and installations used in mining*

The article offers some examples concerning the application of state control by vibration in the case of large excavators, trucks and autogenous mills, at the Cartier mine, Quebec, Canada.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.692.23

Pavel, A. *The general condition for the technical security of vessel structure and component parts*

Capitalizing on the fundaments of the classical resistance of materials, the theory of the mechanostatic stability of structures, the homonymous and thermomechanical systems fracture mechanics as well as the modern theory of fezability, strictly taking into account the compound probability axiom, an engineering technical criterion is formulated.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. et al. *Research work on the construction, production and utilization of aluminium alloy drilling rods* (II)

The main types of aluminium based alloys which are used worldwide as well as in this country for the construction of drill rods are presented, their chemical composition and the thermic or thermodynamic treatments which must be used in order to get the compatible structural states are also presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.276.41 : 622.276.51

Rădulescu, V. *The intervention under pressure to the natural eruption wells (I)*

All types of pressure installations, with their component systems are described in detail.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.323

Frunzescu, D. *A study concerning the sediment condition of the low horizon of Kliwa gritstone in the Pintenul de Văleni Oligocene*

The authors analyse the peat facies of the lower horizon of the Kliwa gritstone on the basis of a number of sedimentological parameters the grouping of the internal structures in a sequence of the Bouma type, the paleocurrents energy, the depth and continuity of the seams and the internal structures.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

**From the history of Romanian oil**

C.Z. 622.323(09)

Moisin, A. *From the history of oil extraction in the Băicoi-Tintea area*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989


---

# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 622.268.1: 622.281

Лецу, Н. и др. *Исследование устойчивости подэтажных штреков и сопряжений на руднике Фагу Четэци, в целях подбора наиболее подходящего типа крепи*

Авторы провели критический анализ места заложения подэтажных штреков, описывая также механизм деформаций и процесс развития горного давления. На основе результатов наблюдений, проведенных на руднике цветной металлургии Фагу Четэци, предложено изменение места заложения штреков т. е. перпендикулярно к рудному телу.

Ключевые слова: руда, цветные металлы, подэтажные штреки, сопряжения, устойчивость, крепь.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

УДК 622.283.4: 622.257.2

Плеша, В. и др. *Технология и оборудование для крепления железобетонными полуфабрикатами вертикальных стволов, пройденных бурением*

Рассматриваются элементы, касающиеся необходимого оснащения установками и материалами, а также применяемая технология проходки и крепления железобетонными полуфабрикатами вертикальных стволов.

Ключевые слова: вертикальные стволы, проходка, бурение, крепление, железобетонные полуфабрикаты, технология, оборудование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

УДК 620.19: 621.879: 629.114.4: 622.734

Константинеску, И. и др. *О возможностях применения вибрации для контроля состояния горных машин и установок*

В работе приведены применения вибраций для контроля состояния высокопроизводительных экскаваторов, автосамосвалов и мельниц самоизмельчения на руднике Кебек Картиер, Канада.

Ключевые слова: горные машины, состояние, методы контроля, вибрации, Канада.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

УДК 622.692.23

Павел, А. *Общее условие технической безопасности структур и составляющих элементов ёмкостей (резервуаров)*

Используя основы классического сопротивления материалов, теории статическо-механической устойчи-

вости структур, механики обрыва омонимных или тепломеханических систем и современной работоспособности, при строгом соответствии с аксиомой сложной вероятности, описывается — в общем виде — инженерный критерий технической безопасности.

Ключевые слова: технологические ёмкости, резервуары, структура, элементы, техническая безопасности, общее условие.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

УДК 622.24.053

Улману, В. и др. *Исследования по вопросам конструкции, выпуска и использования бурильных труб из алюминиевых сплавов (II)*

Представлены основные типы алюминиевых сплавов (зарубежных и отечественных), применяемых при выпуске бурильных труб с указанием их химического состава и термической или тепломеханической обработки для придания им структурных состояний, обеспечивающих необходимые механические характеристики.

Ключевые слова: бурильные трубы, алюминиевые сплавы, механическая характеристика, обработка.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

УДК 622.276.41: 622.276.51

Рэдулеску, В. *Работы под давлением при естественном извержении скважин (I)*

Описываются, детально, все типы маневровочных установок под давлением со всеми составляющими системами и узлами.

Ключевые слова: нефтяные скважины, естественное извержение, маневровочные работы.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

УДК 622.323

Фрунзеску, Д. *Изучение условий осаждения нижнего горизонта песчаника Клива*

Автор расматривает торфяной фациес нижнего горизонта песчаника Клива на основе осадочнологических параметров: группировка внутренней структуры типа Боума, энергия палеопотоков, мощность и непрерывность пластов и внутренних структур.

Ключевые слова: песчанистый горизонт, олигоцен, фациес, условия осаждения.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

**Об истории румынской нефти**

УДК 622.323(09)

Мойсин, А. *Об истории нефти в зоне Бэйкой — — Цинтя*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

## SOMMAIRE


C.Z. 622.268.1 : 622.281

Leţu, N., Semen, C., Onica, I. *Recherches concernant la stabilité des galéries de sous-étage et des intérséctions à la mine Fagu Cetăţii en vue du choix du type de soutènement le plus adéquat*

Les auteurs éffectuent une analyse critique du mode d'emplaçement des galéries de sous-étage pour lesquelles ils décrivent aussi le mécanisme de déformation du minerais et le mode de développement des préssions. En base des observations éffectuées à la mine Fagu Cetăţii, on propose la modification de l'emplaçement des galéries de sous-étage, respectivement transvérsalement comparativement au corps de minerais.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.284.4 : 622.257.2

Pleşea, V., Almăşan, Şt. *Technologie et équipement pour le soutènement avec des panneaux préfabriqués en béton armé des puits fonces par forage*

On analyse les élements concernant la dotation nécessaire avec des installations et des matériaux, de même que la technologie d'execution du puits et des soutènement avec des panneaux préfabriqués.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 620.19 : 621.879 : 629.114.4 : 622.734

Constantinescu, I., Darabont, Al., Ciodaru, M. *Possibilités d'application du contrôle de l'état par des vibrations des machines et des installations de l'industrie minière*

Dans l'ouvrage on présente des exemples d'application du contrôle de l'état par des vibrations aux excavateurs de grande capacité, aux autobasculates et aux broyeurs autogènes de la mine Quebec Cartier de Canada.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.629.23

Pavel, A. *La condition générale de sécurité technique concernant les structures et les componentes des récipients/ réservoires technologiques*

En mettant en valeur les fondamments de la résistance classique des matériaux,de la théorie de stabilité mécanostatique de la fracturation des systèmes homonymes ou thérmomécaniques et de la théorie moderne de la fiabilité, en concordance étroite avec l'axiome de la probabilité composée, on énnonce — dans une forme générale—un critère technique de sécurité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. et al. *Recherches concernant la construction, la fabrication et l'utilisation des tiges de forage en alliages d'aluminium (II)*

On présente les principaux types d'alliages en aluminium utilisés (sur plan mondial et en Roumanie) pour le confectionnement des tiges de forage, en indiquant leurs compositions chimiques et les traitements thérmiques ou thérmomécaniques qu'on doit appliquer pour leur conférir des états structuraux compatibles avec l'assurement des caractéristiques mécaniques nécessaires.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.276.41 : 622.276.51

Rădulescu, V. *L'intervention sous préssion aux puits en érruption naturelle (I)*

On décrit en détail tous les types d'installations de manévration sous préssion, avec tous les systèmes et les sous-ensembles components.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.323

Frunzescu, D. *L'étude des conditions de sédimentation de l'horizon inférieur du grès de Kliwa de l'oligocène Pintenul de Văleni*

Les auteurs analysent le facies turbiditique de l'horizon inférieur du grès de Kliwa en base de quelques paramètres

sédimentologiques : le groupement des structures internes l'épaisseur et la continuité des couches et des structures internes.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

**De l'histoire du pétrole roumain**

C.Z. 622.323(09)

Moisin, A. *De l'histoire du pétrole de la zone Băicoi — Ţintea*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

# INHALT

C.Z. 622.268.1 : 622.281

Leţu, N., Semen, C., Onica, I. *Untersuchungen betreffend die Stabilität der Sohlenstrecken und der Strebeingängen in der Grube Fagu Cetăţii — I.M. Bălan, zwecks der Wahl des geeigneten Ausbautyps*

Die Verfasser führen eine kritische Analyse der Anordnungsweise der Sohlenstrecken durch, und beschreiben der Verformungsmechanismus des Erzes und die Druckentwicklung. Auf Grund der bei der Grube Fagu Cetăţii erfolgten Bemerkungen, wird die Anordnungsänderung der Sohlenstrecken, u. zwar quer auf dem Erzkörper vorgeschlagen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.283.4 : 622.257.2

Pleşea, V., Almăşan, Şt. *Technologie und Geräte für den Ausbau der gebohrten Schächte mit vorgefertigten Stahlbetontafeln*

Überprüft werden die Elemente betreffend die notwendige Ausstattung mit Geräten und Materialien, sowie die Arbeits- und Ausbautechnologie mit vorgefertigten Schachtausbautafeln.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 620.19 : 621.879 : 629.114.4 : 622.734

Constantinescu, I., Darabont Al., Ciodaru, M. *Anwendungsmöglichkeiten der Zustandskontrolle durch Vibrationen bei den Bergbaumaschinen und-anlagen*

Im dem Artikel werden Beispiele gegeben für die Anwendung der Zustandskontrolle durch Vibrationen bei den Baggern grosser Kapazität, Kippladern und autogänen Mühlen von der Grube Quebec Cartier aus Kanada.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.692.23

Pavel, A. *Die allgemeine technische Sicherheitsbedingung betreffend die Strukturen und die Baugruppen der technologischen Behälter*

Unter Auswertung der Fundamente der klassischen Werkstoffestigkeitslehre, der Theorie der mechano-statischen Stabilität der Strukturen, der Bruchmechanik der homonymen oder thermo-mechanischen Systeme und der modernen Theorie der Zuverlässigkeit, und in strenger Übereinstimmung mit dem Axiom der gemischten Wahrscheinlichkeit, wird — in einer verallgemeinerten Form — ein verfahrenstechnisches Sicherheitskriterium vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.24.053

Ulmanu, V. et al. *Forschungen betreffend die Konstruktion, Fertigung und Anwendung der Bohrstangen aus Aluminiumlegierungen (II)*

Vorgestellt werden die Haupttype von Aluminiumlegie — rungen welche (weltweit und in unserem Lande) bei der Fertigung der Bohrstangen verwendet werden, wobei ihre chemischen Zusammensetzungen angegeben werden, sowie die thermischen und thermo-mechanischen Behandlungen, die zur Erzeugung der strukturellen, mit der Gewährleistung der notwendigen mechanischen Charakteristiken übereinstimmenden Zustände angewendet werden müssen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.276.41 : 622.276.51

Rădulescu, V. *Eingriff under Druck bei den Eruptionsbohrungen (I)*

Beschrieben werden ausführlich alle Type von unter Druck sich befindenden Betätigungsanlagen, mit den zugehörigen Systemen und Baugruppen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

C.Z. 622.323

Frunzescu, D. *Untersuchung der Absetzungsbedingungen der Niedersohle des Kliwa Sandsteins aus dem Oligozän von dem Vorgebirge Văleni*

Die überprüfung des turbiditischen Fazies der Niedersohle des Kliwa Sandsteins erfolgt auf Grundlage einiger sedimentologischen Parameter : die Anordnung der inneren Strukturen in einer Folge der Type Bouma, die Energie der Paläoströme, die Mächtigkeit und das Anhalten der Schichten, die inneren Strukturen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 6, 1989

---

**Aus der Geschichte der rumänischen Ölgewinnung**

C.Z. 622.323 (09)

Moisin, A. *Aus der Geschichte der Ölgewinnung in dem Bereich Băicoi—Ţintea*

Mine, Petrol şi Gaze, vol, 40, nr. 6, 1989

---

MINISTERUL MINELOR
CENTRALA MINEREURILOR DEVA

Intreprinderea minieră Barza, BRAD
Judeţul Hunedoara, str. Independenţei nr. 2
Cod 2[illegible]5, telefon 51140, telex 72216

# Intreprinderea miniera Barza

PRODUCE SI LIVREAZA, LA CERERE, PE BAZA DE COMANDA:

CALCITA DE BARZA MICRONIZATA, SORT B, 60 microni, CU URMATOARELE CARACTERISTICI:

- finețea de măcinare, 60 microni;
- umiditatea la livrare, 1%;
- carbonat de calciu, minimum 96%;
- trioxid de fier, 0,3 - 0,5%;
- grad de alb, 86%;
- absorbţie de ulei, 20 - 30%;
- densitatea în grămadă tasată, 1,3 - 1,5 g/cm$^3$.

Se livrează în saci de hîrtie.

CALCITA DE BARZA MICRONIZATA, SORT C, 90 microni, CU URMATOARELE CARACTERISTICI:

- finețea de măcinare, 90 microni;
- umiditatea la livrare, 1%;
- carbonat de calciu, 95 - 97%;
- trioxid de fier, 0,3 - 0,4%;
- grad de alb, 86%;
- densitatea în grămadă tasată, 1,4 - 1,6 g/cm$^3$.

Se livrează în saci de hîrtie.

# Cercetări privind stabilitatea galeriilor de subetaj şi a intersecţiilor la mina Fagu Cetăţii, în vederea alegerii celui mai adecvat tip de susţinere

Prof. dr. ing. N. Leţu
şef. lucr. ing. C. Semen
asist. ing. I. Onica
Institutul de Mine Petroşani

Întreprinderea minieră Bălan a experimentat şi generalizat noi metode şi tehnologii de exploatare care să permită obţinerea unor producţii şi productivităţi ridicate în condiţiile unei eficienţe economice maxime. Prin prisma acestor considerente, metodele de exploatare cu surpare în subetaje corespund deziderateloor enumerate şi — ca urmare — în prezent sînt aplicate cu folosirea maşinii de încărcat şi transportat tip LK—1.

Deoarece problemele cele mai dificile au fost întîlnite la mina Fagu Cetăţii, cercetările s-au organizat în cadrul acestei zone.

Exploatarea zăcămîntului din perimetrul minei Fagu Cetăţii, din cadrul I. M. Bălan, a început prin metoda cu surpare în subetaje, sub o pernă de protecţie, realizată, iniţial, la nivelul orizontului —590.

Deoarece zăcămîntul este format din corpuri de minereu neregulate cu înclinare de peste 70°, grosime şi extinderi variabile (grosime de la 2,5 la 30 m, respectiv extindere pe direcţie pînă la 150 m), cu intercalaţii groase de roci sterile între corpurile de minereu, proiectantul a conceput dispunerea galeriilor de pregătire direcţional pe zăcămînt (fig. 1), evitînd astfel extragerea rocilor sterile pe perioada săpării galeriilor şi necesitatea extragerii selective a minereului în faza de exploatare.

Utilizarea maşinii de încărcat şi transportat LK—1, de mare productivitate, a impus creşterea dimensiunilor secţiunii transversale a galeriilor de subetaj la 3,5 m înălţime şi 4 m lăţime, susţinute cu cadre de lemn de brad. În acest context s-a prevăzut menţinerea între galeriile de subetaj a unui pilier de aproximativ

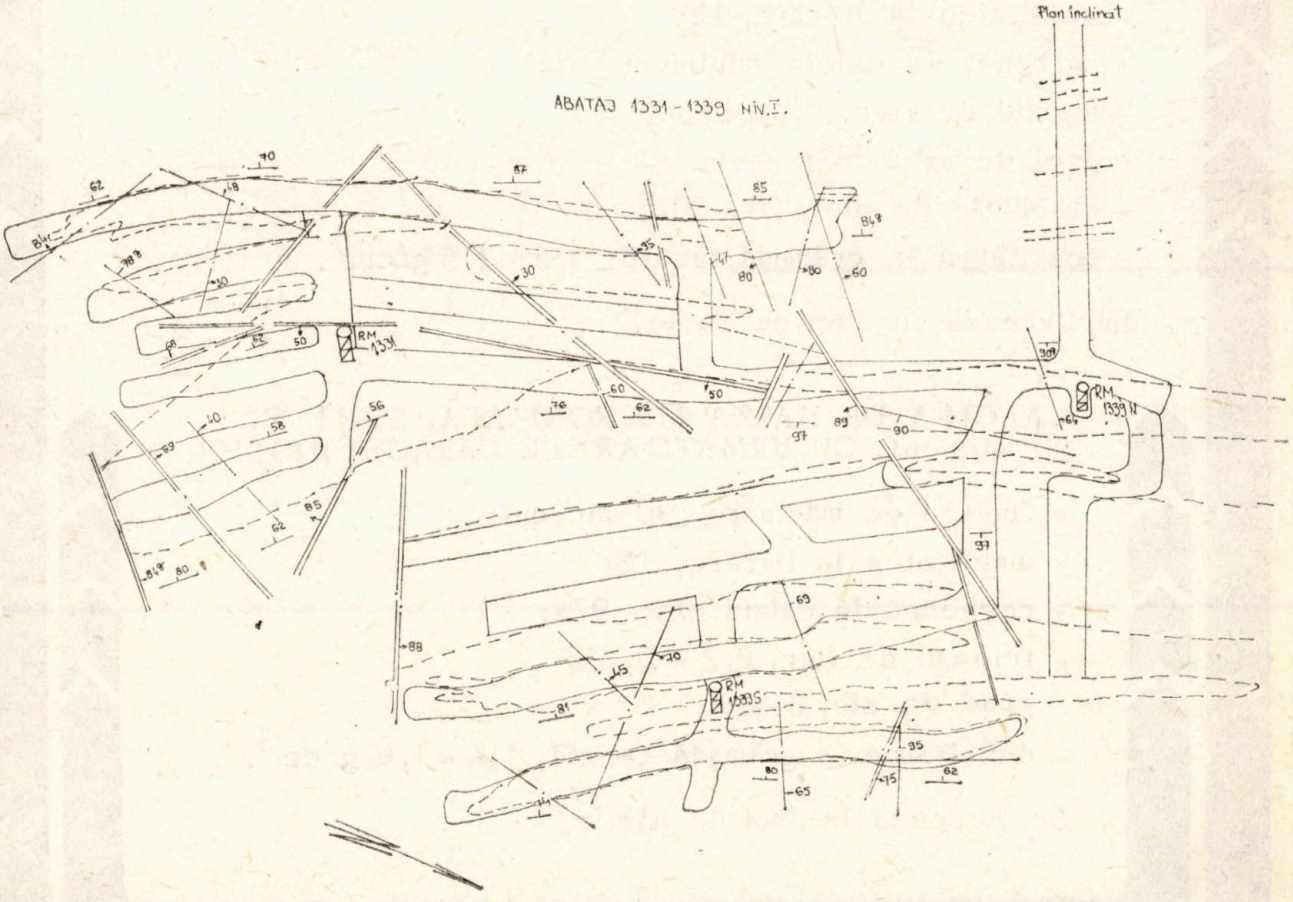



Fig. 1. Amplasarea direcţională a galeriilor de pregătire în cadrul metodei de exploatare cu surpare în subetaje de la mina Fagu Cetăţii.

4 m lățime, extras ulterior în retragere la nivelul subetajului inferior. Necesitatea de înscriere în curbă a mașinii LK—1, la nivelul intersecțiilor, a determinat supralărgirea acestora pînă la 5—6 m. Planșeul de minereu dintre două subetaje succesive are înălțimea de 4 m, creîndu-se posibilitatea de execuție în faza de exploatare a unor găuri în evantai cu lungimea maximă de 11,5 m.

Mărirea secțiunii transversale a lucrărilor miniere de subetaj și supralărgirea intersecțiilor au determinat amplificarea stării de tensiuni din jurul lucrărilor miniere și reducerea stabilității acestora. De asemenea, datorită dimensiunilor relativ reduse ale pilierilor dintre galerii, concentrarea tensiunilor asupra lor a crescut considerabil, determinînd mărirea presiunii din pereți. Ca urmare, după executarea unei galerii paralele, se constată o influențare reciprocă a stărilor de tensiuni și deformarea intensă a rocilor înconjurătoare.

Corpurile de minereu sînt cantonate în șisturi cloritoase, șisturi clorito-cuarțitice, șisturi sericitoase etc., cu greutăți specifice cuprinse între 2,6 și 3,65 t/m³ și rezistența la compresiune de 230—1 250 daN/m².În general, rocile s-au dovedit ușor surpabile și alterabile sub influența apelor de infiltrație.

Ca o caracteristică a zăcămîntului se poate menționa și structura accentuat șistoasă cu coeziune redusă după planele de stratificație, coeziune care, sub influența tensiunilor și a undelor dinamice dezvoltate de lucrările de împușcare, scade foarte mult, permițînd fisurarea și desprinderea unor prisme de alunecare pe suprafețele slăbite. Procesul de slăbire se propagă ușor în sens ascendent și cuprinde practic întregul planșeu de 4 m situat sub perna de rambleu, care este subminat de galeriile de subetaj dispuse după direcția planelor de stratificație. Acest proces tipic de deformare a fost elucidat în urma observațiilor de la mina Fagu Cetății, unde s-a produs o surpare de intensitate redusă în una din galeriile direcționale de subetaj, la 5 m de intersecție (fig. 2), putîndu-se face o serie de constatări.

Fenomenul s-a desfășurat etapizat, manifestîndu-se cu deformări progresive ale susținerii pînă la distrugerea integrală a acesteia.

Datorită forțelor de gravitație ce au acționat asupra plăcii de minereu situată deasupra excavației create, la care s-au mai adăugat și undele seismice generate în urma exploziilor repetate în procesul de săpare a galeriilor de subetaj și de exploatare propriu-zisă, în tavanul galeriei — dispusă direcțional cu planele de stratificație — s-a fisurat prisma $ABCD$ după suprafețele de stratificație slăbite $AB$ și $CD$, cu o coeziune mult redusă față de starea inițială nederanjată a masivului (fig. 2*a*). Prisma de alunecare $ABCD$ a fost menținută în echilibru datorită forțelor rezistente $\bar{R}_1$ și $\bar{R}_2$ și de coeziune redusă $\bar{C}$, care s-au opus deplasării acesteia sub influența greutății proprii $\bar{G}$ și a presiunii rocilor surpate $p_{v_1}$.

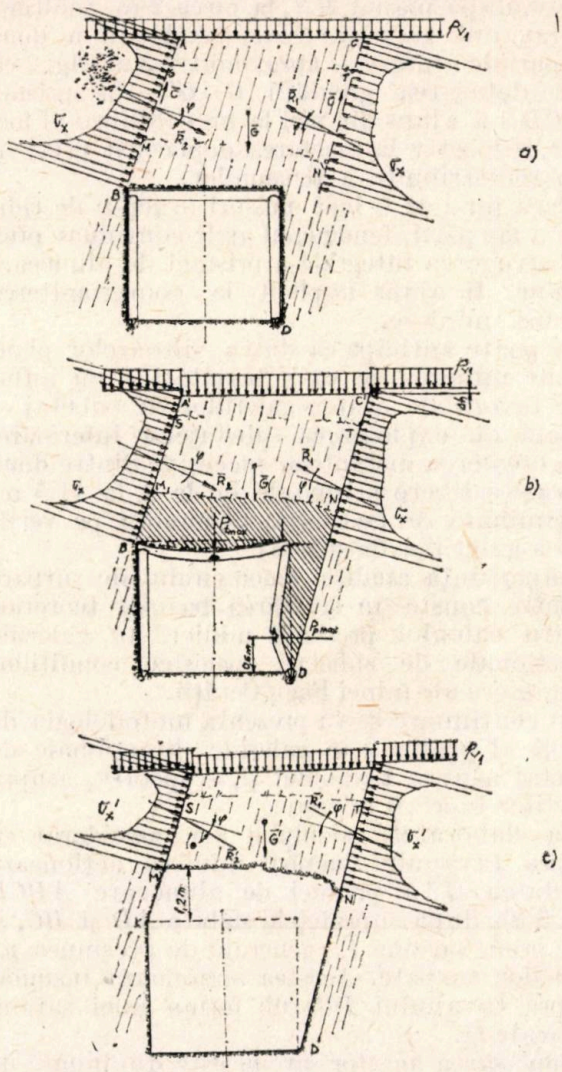



Fig. 2. Modul de deformare a minereului în condițiile amplasării direcționale a galeriilor de subetaj la mina Fagu Cetății.

Pe parcursul timpului, coeziunea rocilor de pe suprafețele $AB$ și $CD$ și-a redus mult din valoare, sub influența factorilor amintiți. Forțele de rezistență care s-au opus alunecării au fost astfel depășite și prisma s-a deplasat progresiv, acționînd din tavan și peretele drept al galeriei.

Datorită solicitărilor excesive ale grinzii și stîlpului din dreapta, a început procesul de deformare după planul axial al galeriei, la aproximativ 0,6 m de vatră (fig. 2*b*), pînă la distrugerea completă a cadrului de susținere.

Sub influența tensiunilor laterale $\sigma_x$ distribuite neuniform, conform epurei din figura 3, pe planele $MN$ și $ST$ s-au produs în timp fracturi aproximativ perpendiculare pe

stratificație, în zonele unde tensiunile laterale au avut concentrări maxime, ceea ce a determinat – după distrugerea elementelor de susținere – desprinderea unei prisme $BMND$ din masiv, după planul $MN$, la circa 2 m înălțime de tavanul galeriei, corespunzătoare a două cîmpuri de armare — aproximativ 2 m (fig. 2 *c*). Prin detașarea greutății $G-G'$ din prisma $ABCD$ s-a ajuns din nou la un echilibru al forțelor, respectiv la încetarea deplasării prismei, și o redistribuire a tensiunilor.

Dacă nu s-ar fi luat măsuri urgente de ridicare a surpării, fenomenul ar fi continuat pînă la distrugerea integrală a prismei de alunecare și s-ar fi ajuns implicit la compromiterea lucrării miniere.

Se poate anticipa că starea viitoarelor planșee de minereu se va îmbunătăți – cu influențe favorabile asupra galeriilor de subetaj — o dată cu exploatarea subetajelor inferioare, prin creșterea distanțelor succesive dintre două suprafețe libere orizontale de la 4 la 11,5 m, determinată de geometria dispunerii pe verticală a galeriilor de subetaj.

Importanța analizei fenomenului de surpare amintit constă în stabilirea bazelor teoretice pentru calculul presiunii miniere în galeriile direcționale de subetaj, specifice condițiilor geominiere ale minei Fagu Cetății.

În continuare se va prezenta metodologia de calcul al presiunii în galeriile direcționale de subetaj asupra tavanului și, respectiv, asupra pereților lucrării miniere.

La elaborarea calculului s-a considerat că asupra tavanului lucrării miniere acționează greutatea $\bar{G}$ a prismei de alunecare $ABCD$ (fig. 3 *a*), după suprafețele slăbite $AD$ și $BC$, și care preia sarcina $\bar{P}_{v_1}$ generată de presiunea $p_{v_1}$ a rocilor surpate. Acestea acționează însumat asupra tavanului $DC$ sub forma unei sarcini verticale $\bar{Q}$.

Deplasarea acestor sarcini este diminuată de forțele rezistente $\bar{R}_1$ și $\bar{R}_2$ aferente planelor $AD$, respectiv $BC$ și înclinate față de normala la plan cu unghiul de frecare interioară $\varphi$, care tind să mențină prisma $ABCD$ în echilibru.

Presiunea $p_{v_1}$, generată de rocile surpate asupra prismei $ABCD$, se calculează cu relația lui Mahno :

$$p_{v_1} = K_2 \frac{\gamma_a \cdot a^2}{f}, \text{ t/m}, \qquad (1)$$

unde :

$K_2$ este un coeficient care depinde de mărimea și natura materialului granular ;

$a$ — semideschiderea galeriei de subetaj, m ;

$\gamma_a$ — greutatea volumică a rocilor surpate, t/m³ ;

$f$ — coeficientul de tărie a rocilor, după Protodiakonov.

Însumînd forțele ce acționează asupra prismei de alunecare (fig. 3 *b*), concomitent cu trasarea paralelelor la direcția forțelor reprezentate în figura 3*a* și aplicînd teorema sinusurilor în triunghiul format, va rezulta relația de calcul al reacțiunii $\bar{P}$, care se opune deplasării sarcinii după înclinarea $\alpha$ a prismei de alunecare :

$$P = Q \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}, \text{ t/m}. \qquad (2)$$

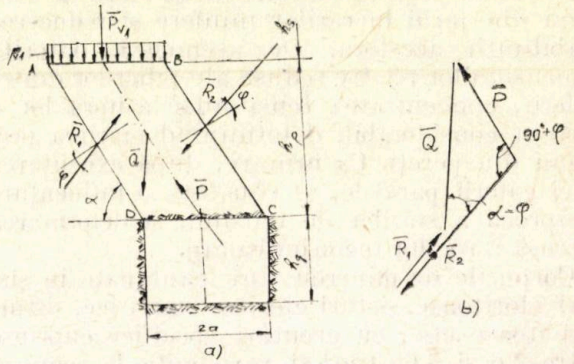



Fig. 3. Mecanismul formării presiunii miniere asupra tavanului galeriilor de subetaj amplasate direcțional față de zăcămînt la mina Fagu Cetății.

Scriind componenta verticală a reacțiunii $\bar{P}$ ca fiind :

$$P_v = P \cdot \sin \alpha,$$

presiunea verticală asupra tavanului va avea forma :

$$p_v = \frac{1}{2a} P_v, \text{ t/m}^2. \qquad (3)$$

Făcînd toate înlocuirile și simplificările în relația (3), vom ajunge la forma finală a relației de calcul al presiunii verticale asupra tavanului lucrării miniere :

$$p_v = \left(\gamma \cdot h_p + K_2 \cdot \frac{\gamma_a \cdot a}{2 \cdot f}\right) \sin \alpha \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}, \text{ t/m}^2. \qquad (4)$$

Presiunea din peretele lucrării miniere se calculează în mod analog, conform figurii 4, rezultînd, în final, următoarea relație :

$$p_L = \left[\gamma\left(h_p + \frac{h_g}{2}\right) + K_2 \cdot \frac{\gamma_a \cdot h_g \operatorname{ctg} \alpha}{f}\right] \cdot$$

$$\cdot \frac{\cos^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \varphi)}{\sin \alpha \cdot \cos \varphi}, \text{ t/m}^2. \qquad (5)$$

Considerînd pentru cazul studiat de la mina Fagu Cetății următoarele valori medii ale para-

metrilor luaţi în calculul presiunilor:

$$h_p = 4\ \text{m}; \quad \gamma = 2{,}83\ \text{t/m}^3;$$

$$\gamma_a = \frac{1}{K_{ar}} \cdot \gamma = 2{,}18\ \text{t/m}^3; \quad K_2 = 2{,}3;$$

$h_g = 3{,}5$ m; $a = 2$ m; $f = 3{,}35$; $\alpha = 70°$;

$\varphi = 33°$, presiunea asupra lucrării miniere va avea valorile: 8,642 t/m² din tavan şi 1,624 t/m² din pereţi.

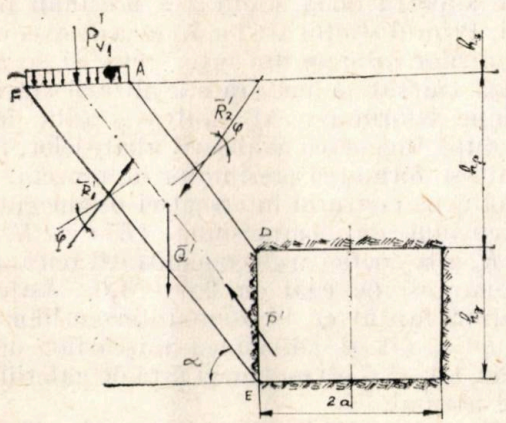



Fig. 4. Formarea prismelor de alunecare în pereţii galeriilor de subetaj amplasate direcţional faţă de zăcământ.

În zona intersecţiilor, stabilitatea este mult înrăutăţită datorită dimensiunilor mari ale excavaţiilor şi perioadei de serviciu care uneori este egală cu durata de exploatare a subetajului.

Pentru eliminarea neajunsurilor evidenţiate de cercetările prezentate se pot formula, în mod preliminar, următoarele propuneri:

— să se treacă în continuare la exploatarea cu galerii transversale de subetaj, galerii care, traversînd planele de stratificaţie, elimină posibilitatea desprinderii prismelor de alunecare ce înrăutăţesc stabilitatea lucrărilor miniere. O astfel de metodă permite reducerea la minimum a duratei de existenţă a intersecţiilor, cu implicaţii favorabile asupra stabilităţii acestora (fig. 5);

— galeriile direcţionale de pregătire să formeze cu galeriile transversale un unghi de 70°, care să permită înscrierea în curbă a maşinii LK—1, fără a fi necesară supralărgirea acestora.

Studierea mecanismului de deformare a rocilor în zone de intersecţie are o importanţă hotărîtoare în alegerea celor mai raţionale tipuri de susţinere.

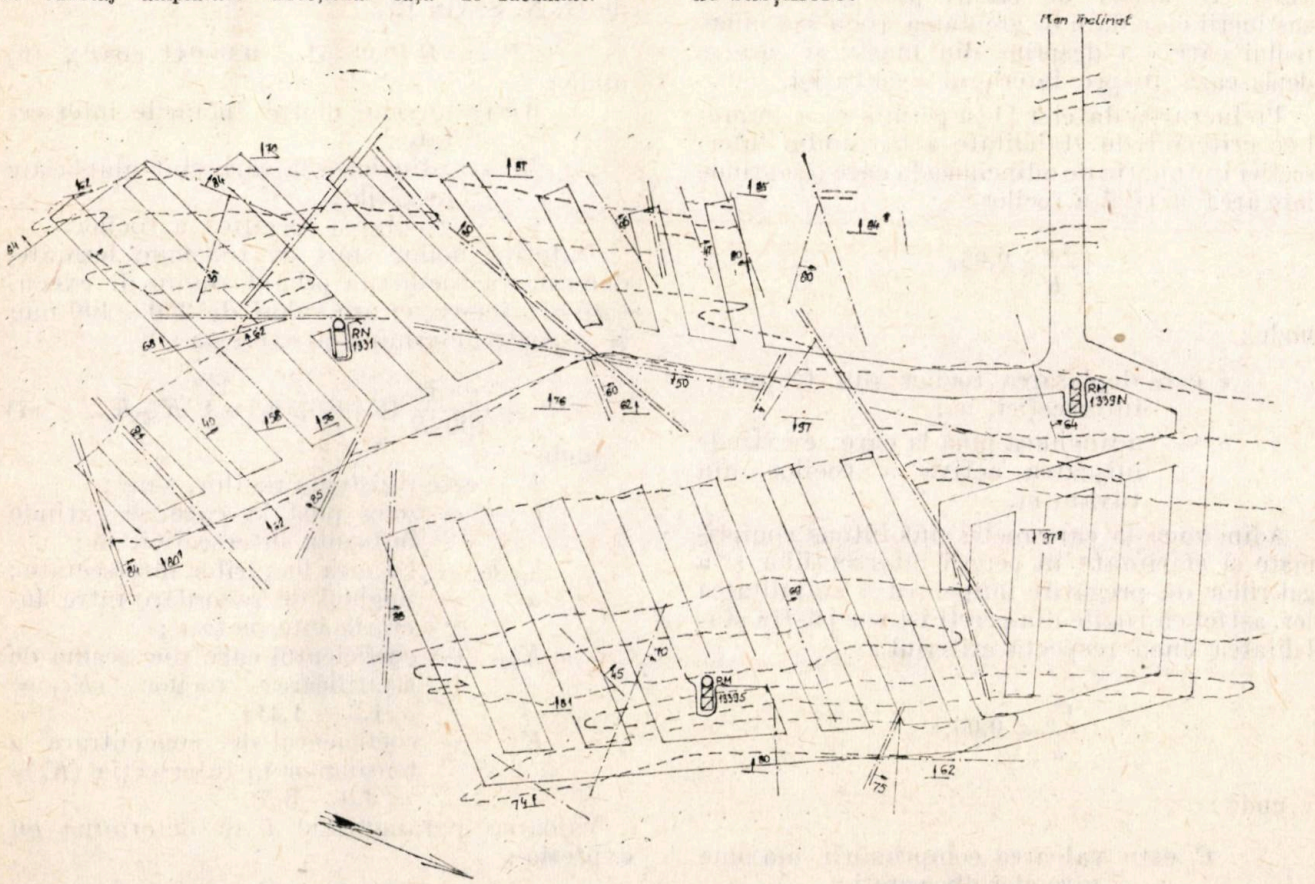



Fig. 5. Amplasarea transversală a galeriilor de subetaj propusă pentru mina Fagu Cetăţii.

Deformarea rocilor în zonele de intersecție a lucrărilor este influențată de un număr ridicat de factori, dintre care menționăm :

- operațiile de împușcare a încărcăturilor explozive în faza de executare a lucrărilor miniere, cît și în faza de exploatare propriu-zisă ;
- lățimea lucrărilor miniere care se intersectează ;
- unghiul la care se intersectează lucrările miniere ;
- rezistența rocilor, gradul lor de fisurare și tectonizare, caracteristica reologică a rocilor ;
- formarea presiunilor de reazem cauzate de avansarea fronturilor de abataj, care amplifică procesul de deformare ;
- modificarea intensă a stării de tensiuni, datorită numărului mare de excavații din zona intersecțiilor și a suprafețelor mari pe care rocile sînt dezvelite ;
- concentrarea tensiunilor pe conturul lucrărilor miniere intersectate ;
- influența reciprocă a excavațiilor lucrărilor miniere care se intersectează, cu formarea unor concentrări de tensiuni pe conturul lor.

Toate acestea favorizează surpări frecvente cu formări de bolți ale căror înălțimi se extind la mai mult de 1,5—2 m înspre interiorul masivului. În astfel de cazuri presiunea asupra susținerii este dată de greutatea rocii sau minereului care s-a desprins din masiv și care se deplasează înspre interiorul excavației.

Prelucrarea datelor [1] a permis să se formuleze criteriul de stabilitate a tavanului intersecției în funcție de adîncimea la care se extinde mișcarea activă a rocilor :

$$\frac{\varepsilon_T}{b} \leqslant 0{,}05,$$

unde :

$\varepsilon$ este deplasarea rocilor din tavanul intersecției, m ;

$b$ — adîncimea pînă la care se extinde mișcarea activă a rocilor din tavan, m.

Adîncimea la care rocile sînt intens comprimate și sfărîmate în pereții intersecțiilor și a galeriilor de pregătire influențează stabilitatea lor, astfel că rocile din pereți își vor păstra stabilitatea dacă respectă criteriul :

$$\frac{C_\theta}{h} \leqslant 0{,}05,$$

unde :

$C_\theta$ este valoarea comprimării maxime a rocilor din pereți ;

$h$ — înălțimea intersecției în faza de săpare.

Pentru condițiile minei Fagu Cetății rezultă $\frac{\varepsilon_T}{b} = 0{,}125$, respectiv $\frac{C_\theta}{h} = 0{,}04$, valori care, comparate cu situația reală a condițiilor geominiere, permit să se constate că stabilitatea intersecțiilor, ca și a galeriilor de subetaj, este dificil de realizat cu actualele susțineri de lemn și, în consecință, ele trebuie obligatoriu asociate cu susțineri ancorate.

Referitor la modul de manifestare a presiunilor, se constată că în zona intersecțiilor susținerile suportă două stadii ale presiunii masivului. Primul stadiu are loc în faza de executare a lucrărilor miniere din intersecție și se aplatizează treptat pe măsura stabilizării stării de tensiune-deformare. Al doilea stadiu intervine după începerea avansării abatajelor, favorizîndu-se formarea presiunilor de reazem, care dezvoltă pe conturul intersecției o concentrare de tensiuni de compresiune ($K_c \cdot \gamma \cdot H$), în care $K_c$ este coeficientul concentrării tensiunilor de compresiune egal cu 2,5 — 4,6. Astfel se confirmă faptul că în zona intersecțiilor atît presiunile, cît și adîncimea mișcărilor active sînt de 1,4—1,7 ori mai mari față de galeriile cu profil normal.

Valoarea presiunilor în prima perioadă, cînd au loc deformările elastice, a fost determinată de G. N. Savin [2] :

$$P = \gamma H\,(0{,}08851 - 0{,}00041 \cos\theta), \quad (6)$$

unde :

$\theta$ este unghiul dintre lucrările intersectate ;

$H$ — adîncimea la care sînt amplasate lucrările ;

$\gamma$ — greutatea specifică a rocilor.

Datorită noilor stări de tensiune formate, deformarea rocilor în primul stadiu de executare a intersecției are valori de 250—400 mm și se poate determina cu expresia :

$$U = \frac{\gamma \cdot H}{100 \cdot R}(l + b_1 + b_2)\, e^{\frac{\sin\alpha}{3}} K_{ST} K_c, \quad (7)$$

unde :

$R$ este rezistența rocilor, t/m² ;

$l$ — zona pînă la care se extinde influența intersecției, m ;

$b_1$, $b_2$ — lățimea lucrărilor intersectate ;

$\alpha$ — unghiul de racordare între lucrările intersectate ;

$K_{ST}$ — coeficientul care ține seama de stratificarea rocilor ($K_{ST} = 1{,}2 - 1{,}4$) ;

$K_c$ — coeficientul de concentrare a tensiunilor în intersecție ($K_c = 3{,}0 - 3{,}5$).

Valoarea parametrului $l$ se determină cu expresia :

$$l = \sqrt{\frac{HR\,(b_1 + b_2)}{6{,}6\,R_0}}, \quad (8)$$

în care :

$R$ este rezistența rocilor la compresiune, t/m²;

$R_0$ = 2,000 t/m² — rezistența la compresiune a rocilor luată ca etalon;

$b_1, b_2$ — lățimea lucrărilor intersectate, m.

Întrucît factorul cel mai distructiv al susținerilor și elementul care dezvoltă cele mai mari presiuni asupra susținerii îl constituie convergența rocilor, s-a propus o expresie matematică [1] care corelează presiunea asupra susținerii cu deformarea rocilor în zona intersecțiilor :

$$P = (25 \div 35)\,\gamma U,\ \text{t/m}^2, \qquad (9)$$

Al treilea criteriu pentru calculul presiunii pe intersecție îl constituie înălțimea bolții de surpare $b$ și deschiderea maximă a intersecției $\bar{l}$.

Înălțimea bolții de surpare se determină cu relația :

$$b = \frac{\bar{l}}{2K_s f_r},\ \text{m}, \qquad (10)$$

unde :

$K_s$ este coeficientul de diminuare a rezistenței rocii ($K_s = 0{,}35 - 0{,}5$);

$f_r$ — coeficientul de tărie a rocilor sau minereului.

Cu acest parametru se poate determina presiunea asupra susținerii din intersecție :

$$q = \gamma b = \frac{\gamma \bar{l}}{2K_s f_r},\ \text{t/m}^2. \qquad (11)$$

Expresia de mai sus are în vedere că întreaga cantitate de rocă sau minereu cuprins în bolta de surpare se găsește într-o stare de fisurare intensă desprinsă din masiv și acționează asupra susținerii. Deschiderea maximă a intersecției $\bar{l}$ se stabilește din expresia :

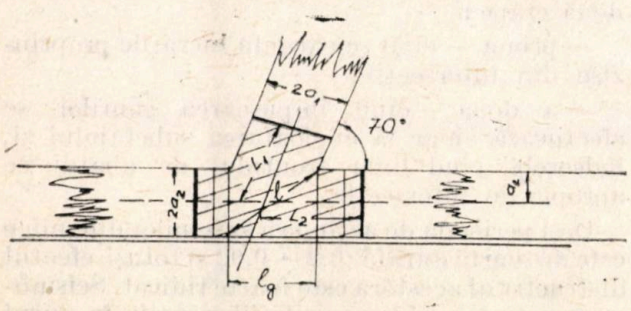



Fig. 6. Zonele de influență ale unei intersecții.

$$\bar{l} = (a_1 + a_2 + C_1 + C_2) \cdot K_i,\ \text{m}, \qquad (12)$$

în care :

$a_1$ este semideschiderea lucrării executate din galeria de bază, m;

$a_2$ — semideschiderea lucrării din care se atacă intersecția, m;

$C_1$, $C_2$ — adîncimea pînă la care roca sau minereul este comprimat în pereții intersecției și provoacă fisurarea ascentrată a pereților;

$K_i$ — coeficientul în funcție de intensitatea modului de manifestare a presiunii ($K_i = 1{,}4 - 1{,}17$).

Parametrii $C_1$ și $C_2$ se determină cu formula [1] :

$$C_1 = C_2 = \left(\frac{K_0 \gamma H}{10^3 K_s f_p} - 1\right) h_p \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right),\ \text{m}, \qquad (13)$$

unde : $K_0$ este coeficientul concentrării tensiunilor de compresiune în pereții intersecției și ai galeriilor de subetaj;

$f_p$ — coeficientul de tărie a rocilor din pereți;

$K_s$ — coeficientul care ilustrează slăbirea structurală a rocilor ($K_s = 0{,}35 - 0{,}5$).

Aplicînd relațiile de mai sus în condițiile geominiere ale minei Fagu Cetății, s-au obținut valori ale presiunilor în intersecții cuprinse între 5 și 60 t/m², valori care, puse în corelație cu situația reală, ne determină să adoptăm, pentru cazul studiat, presiunea minieră cu valoarea de 20 t/m², calculată cu relația (9), întrucît ține seama nu numai de greutatea rocilor desprinse din masiv, ci și de deplasarea lor pe verticală.

În condițiile dispunerii transversale a galeriilor de subetaj, parametrii geometrici ai intersecțiilor necesari pentru elaborarea monografiei de susținere sînt :

— deschiderea maximă a lucrărilor miniere care se intersectează :

$$2a_1 = 2\,a_2 = 4\ \text{m};$$

— lungimea tronsonului $L_1$ și $L_2$ care se găsește în zona activă de influență a intersecției;

— suprafața zonei intersecției $S$, care necesită o susținere întărită sau susținere ancorată.

Studiile elaborate [1] au arătat că atît suprafața zonei intersectate $S$, cît și tronsoanele de lucrare $L_1, L_2$, care se găsesc sub influența intersecției (fig. 6), depind de valoarea parametrului adimensional $\lambda$, iar interdependențele dintre $S$, $L_1$, $L_2$ și $\lambda$ sînt descrise de nomogramele din figurile 7 și 8.

Parametrul $\lambda$ caracterizează intensitatea manifestării presiunii miniere și se poate determina cu expresia :

$$\lambda = \frac{(K_1+K_2)\,\gamma H(\cos^2\alpha+\sin^2\alpha)}{20\,K_p(100\,K_c)^2 f}\sqrt[4]{\frac{X}{\sin\frac{\theta}{2}}}, \qquad (14)$$

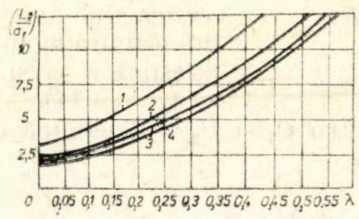



Fig. 7. Nomograma pentru determinarea lungimii zonei de influență a intersecției.

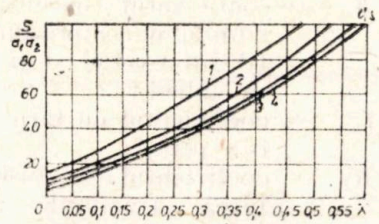



Fig. 8. Nomograma pentru determinarea suprafeței zonei de intersecție.

în care :

| | | |
|---|---|---|
| $K_1$, $K_2 = 3$ | sînt | coeficienții de concentrare a tensiunilor în tavanul și pereții intersecției ; |
| $\gamma$ | — | greutatea specifică a rocii ; |
| $H$ | — | adîncimea lucrărilor miniere ; |
| $\alpha$ | — | unghiul de înclinare a zăcămîntului ; |
| $K_p \cong 0{,}4$; $K_c = 0{,}3$ | — | coeficienți de reducere a rezistenței rocilor în pereți ; |
| $f$ | — | coeficientul de tărie ; |
| $X$ | — | numărul lucrărilor intersectate ($X = 2$) ; |
| $\theta$ | — | unghiul de racordare dintre cele două lucrări ($\theta = 70°$). |

În condițiile concrete ale cazului studiat, rezultă $\lambda = 0{,}19$.

Cunoscînd valoarea lui $\lambda$ se poate determina lungimea tronsoanelor $L_1$ și $L_2$ din lucrările care se găsesc în zona de influență intensivă a intersecției. Folosind nomograma din figura 7, rezultă că pentru $\lambda = 0{,}19$ corespunde $\frac{L_1}{a_2}\left(\frac{L_2}{a_1}\right) = 4$. Întrucît $a_2 = a_1 = 2$ m, vom obține $\frac{L_1}{2}\left(\frac{L_2}{2}\right) = 4$, de unde $L_1 = L_2 = 8$ m.

În mod analog se va calcula suprafața zonei de intersecție $S$, utilizînd nomograma din figura 8. Pentru $\lambda = 0{,}19$ rezultă din nomogramă $S = 30$ m$^2$.

Pentru deschiderea lucrărilor miniere de 4 m, lungimea jugului de intersecție va fi (fig. 9) :

$$l_g = \frac{2\,a_1}{\sin\alpha} = \frac{4}{\sin 70°} = 4{,}3 \text{ m}.$$

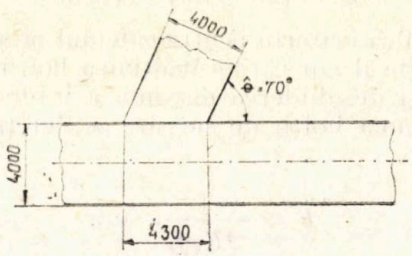



Fig. 9. Schema pentru determinarea lungimii grinzii în planul de intersecție a lucrărilor miniere.

Cercetările recente din minele de minereuri au arătat că stabilitatea lucrărilor subterane — în afara presiunilor statice ale masivului de rocă — este influențată, în mare măsură, de sarcinile dinamice care se formează în urma detonării încărcăturilor explozive.

Detonarea încărcăturilor explozive, ca și energia degajată, provoacă în masivul de rocă o acțiune seismică foarte intensă care este preluată de elementele susținerii.

În condițiile folosirii metodelor de exploatare cu surpare în subetaje, susținerile din intersecții suportă solicitările dinamice ale exploziei în două etape :

— prima — cînd se execută lucrările propriuzise din intersecții ;

— a doua — cînd împușcarea găurilor se efectuează chiar la exploatarea subetajului și, îndeosebi, cînd linia frontului de abataj se apropie de intersecție.

Deși perioada de acțiune a sarcinilor dinamice este de scurtă durată (0,2 — 0,02 s) totuși efectul distructiv al acestora este foarte ridicat. Seismograma tipică [1] a oscilațiilor rocii în jurul lucrărilor miniere în zona intersecțiilor este redată în figura 10. Viteza de propagare a undelor dinamice depinde de : tipul și structura rocii, intensitatea lor, gradul de tectonizare și de fisurare a rocilor, distanța de la locul exploziei pînă în zona de intersecție etc.

În etapa actuală sînt elaborate numeroase studii pentru elucidarea corelației dintre para-

metrii exploziei și tensiunile dinamice ce acționează în masivul de rocă.

G. I. Pocrovschi, analizînd rezultatele unui număr mare de experimentări, a reușit să deducă o relație pentru determinarea tensiunilor de

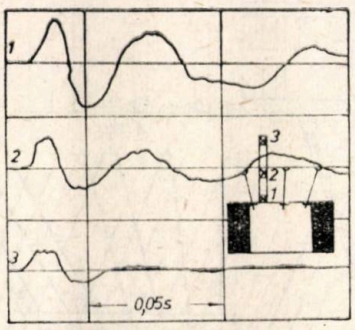



Fig. 10. Seismograma înregistrată în masivul de rocă după detonarea încărcăturilor explozive :
*1, 2, 3* — punctele masivului de rocă din tavanul intersecției

compresiune care se formează în masivul de rocă, la o anumită distanță față de locul exploziei, $r = (5 - 200) \cdot r_0$ :

$$\sigma_e = 72 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \cdot \left(\frac{Q_D \cdot \gamma_D}{Q_T \cdot \gamma_T}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot K^{\frac{2}{3}}, \text{ daN/cm}^2, \quad (15)$$

unde :

$r_0$ este raza cartușului de exploziv ;
$r$ — distanța pînă la care se extind tensiunile de compresiune față de locul exploziei ($r = 5 - 200\ r_0$) ;
$Q_D$, $Q_T$ — energia potențială pentru dinamită $D_{II}$ și trotil — luat ca etalon — ($Q_T = 1\,000$ kcal/kg, $Q_{D_{II}} = 1\,134$ kcal/kg) ;
$\gamma_{D_{II}}$, $\gamma_T$ — densitatea dinamitei și trotilului ($\gamma_{D_{II}} = 1{,}5$ kg/dm$^3$, $\gamma_T = 1{,}0$ kg/dm$^3$) ;
$K$ — modulul de compresiune al rocilor, daN/cm$^2$ $\left(K = \frac{E}{2(1 - 2\mu)}\right)$ ;
$E$ — modulul de elasticitate al rocilor ;
$\mu$ — coeficientul lui Poisson.

Pentru aprecierea tensiunilor maxime de compresiune ($\sigma_{max}$) și tensiunile de forfecare ($\tau_{max}$) care intră în componența tensiunilor seismice, date de explozia încărcăturilor, au fost recomandate o serie de expresii matematice din care au fost selectate următoarele :

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2 \cdot \pi} K_s \gamma C_l T, \text{ daN/cm}^2 ; \quad (16)$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2\pi} K_s \gamma C_l T, \text{ daN/cm}^2, \quad (17)$$

unde :

$K_s$ este coeficient seismic egal cu 0,1 ;
$\gamma$ — densitatea rocilor, t/m$^3$ ;
$C_l$ — viteza de propagare a undelor detonante prin masivul de rocă, m/s ;
$T$ — perioada de vibrație a masivului sau perioada mișcărilor de oscilație a masivului ($T = 0{,}4$ s) ;

$C_l = 0{,}6 \cdot C_1$.

Tensiunile de compresiune în frontul undelor ($\sigma_x$) sînt în strînsă interdependență cu viteza de propagare a undelor ($C_1$) și viteza de propagare a oscilațiilor prin masivul de rocă ($U_x$). Pentru determinarea acestor parametri au fost propuse expresiile :

$$\sigma_x = \frac{\gamma}{g} \cdot C_1 \cdot U_x ; \quad (18)$$

$$U_x = C_0 \sqrt[n]{\left(\frac{M_E}{r}\right)^n}, \quad (19)$$

în care :

$M_E$ este cantitatea de exploziv folosită la detonarea găurilor de mină, kg ;
$r$ — raza sau distanța la care se calculează tensiunile față de locul exploziei.
De regulă $r = (5 - 200)\ r_0$. Parametrul $r_0$ reprezintă raza cartușului de exploziv, m ;
$n$ — parametru în funcție de distanța încărcăturilor explozive față de locul pentru care se calculează viteza de propagare a oscilației rocii ($n = 1{,}5 - 2$) ;
$C_0$ — coeficient în funcție de proprietățile rocilor ($C_0 = 50 - 450$) cu o valoare medie de $C_0 = 200$.

Cunoscînd viteza de propagare a oscilațiilor masivului pentru care apare distrugerea susținerii în intersecții, se pot face aprecieri asupra gradului de stabilitate a diferitelor tipuri de susțineri față de sarcinile suplimentare date de încărcăturile explozive, adică se pot face aprecieri asupra vitezelor de oscilație admise $U_x^0$ și a celor critice $U_x$ de la care susținerea își pierde stabilitatea.

În consecință, stabilitatea intersecției sau a lucrărilor miniere care suportă și efectul dinamic al exploziilor trebuie analizată în funcție de următorii parametri :

$$P_S \geqslant q_{st} + q_D, \text{ t/m}^2, \quad (20)$$

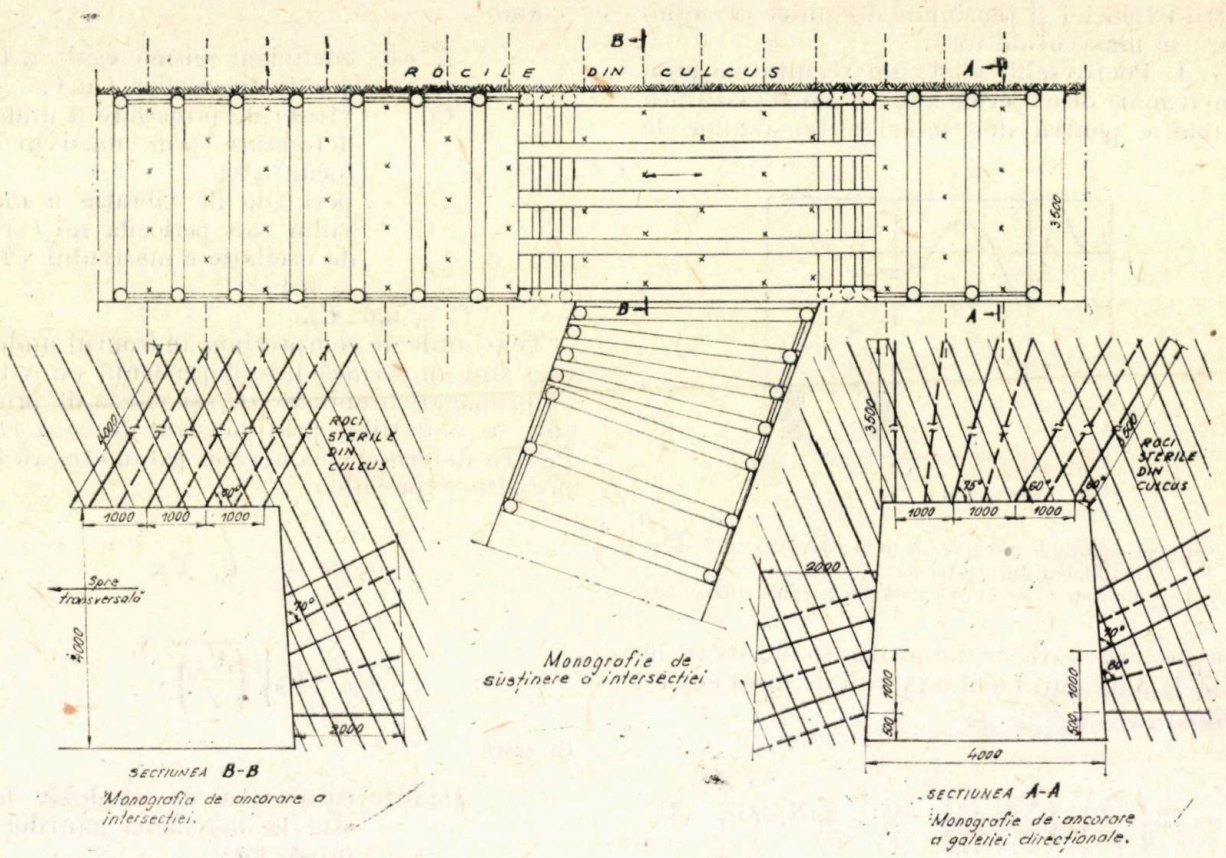



Fig. 11. Monografia de susținere propusă pentru intersecțiile lucrărilor miniere de pregătire din cadrul metodei de exploatare cu galerii de subetaj.

unde :

$P_S$ este portanța susținerii în intersecții sau în lucrarea cu profil obișnuit, t/m²;

$q_{st}$ — presiunea minieră asupra susținerii, t/m²;

$q_D$ — sarcinile dinamice preluate de elementele susținerii, t/m².

În urma calculelor efectuate a reieșit că solicitările dinamice preluate de galeriile de subetaj și din intersecții sînt cuprinse între 3,4 și 67,5 daN/cm² (34 — 675 t/m²).

Dacă la presiunile statice se va asocia și valoarea solicitărilor dinamice, atunci rezultă presiuni la valori de peste 28 t/m², ceea ce ar conduce inevitabil la supradimensionarea susținerilor. Pe aceste considerente, pentru atenuarea efectului exploziilor asupra susținerilor din galeriile de subetaj și intersecții, considerăm mult mai rațională folosirea susținerilor combinate, și anume susținerile din cadre de lemn asociate cu susțineri ancorate.

În acest sens s-au efectuat calculele de dimensionare a susținerilor din galeriile direcționale și intersecții în funcție de presiunile dezvoltate, după care au fost construite monografiile de susținere din figura 11.

## Concluzii

**1.** Zăcămîntul minei Fagu Cetății din cadrul I. M. Bălan cuprinde o pondere ridicată de șisturi clorito-sericitoase cu o stratificare accentuată și grad ridicat de alterare, cu proprietatea de a se deforma și surpa ușor, mai ales cînd lucrările miniere sînt executate paralel cu stratificația.

**2.** Frecventele surpări și distrugerea susținerilor sînt influențate de acțiunea conjugată a mai multor factori de natură geologică, tehnică și tehnologică.

**3.** Metoda de exploatare cu surpare în subetaje, cu galeriile de pregătire de subetaj amplasate direcțional, favorizează manifestarea presiunii prin desprinderea rocilor după planele de stratificație. Durata de serviciu, ca și secțiunea mare impusă de utilizarea mașinii LK—1 sînt factori care contribuie la amplificarea acțiunii distructive a presiunii miniere asupra lucrărilor miniere de subetaj.

**4.** Pentru calculul presiunii miniere în intersecții s-au utilizat mai multe relații matematice, adoptîndu-se valoarea presiunii de 20 t/m², determinată cu relația care ține seama de deformarea rocilor ca parametrul cel mai distructiv.

În calcule s-a ţinut seama şi de sarcinile dinamice dezvoltate de efectul exploziilor, care reduc coeziunea rocilor şi solicită suplimentar susţinerile.

**5.** Pentru a reduce efectul presiunii prin deplasarea rocilor pe planele de stratificaţie, se propune amplasarea transversală a galeriilor de pregătire de subetaj, la un unghi de 70° faţă de direcţie pentru a favoriza înscrierea în curbe a maşinii de încărcat LK—1 fără supralărgirea intersecţiilor.

**6.** În varianta de exploatare cu galerii de subetaj transversale se propune ca distanţa dintre galeriile de pregătire ale subetajului să fie majorată la 6 m, cu consecinţe favorabile privind reducerea presiunilor de pilieri şi ridicarea gradului de stabilitate a lucrărilor miniere de subetaj.

**7.** Calculele au arătat că utilizarea actualelor susţineri, în condiţiile nefavorabile de deformare accentuată a rocilor, necesită o supradimensionare a elementelor componente peste posibilităţile de realizare a lor din punct de vedere tehnic. În aceste condiţii asocierea actualelor susţineri cu ancorarea rocilor de pe conturul lucrării va elimina necesitatea supradimensionării actualelor susţineri din lemn.

**8.** În intersecţii se prevede ca susţinerea în lemn să fie aplicată potrivit actualei monografii, iar ancorele asociate susţinerii de lemn să dispună de o lungime de 4 m, aşezate la distanţe de 1 m între ele şi orientate, pe cît posibil, perpendicular faţă de planele de stratificaţie. Susţinerea în lemn a galeriilor direcţionale va fi asociată cu ancore, avînd lungimea de 2 m la perete şi 3,5 m la tavan, cu o distanţă între ele de 1 m, şi înclinate faţă de stratificaţie conform monografiei prezentate în figura 11.

**9.** Pentru reducerea gradului de fisurare a rocilor de pe contur în zona de intersecţie datorită lucrărilor de împuşcare, se recomandă ca la atacarea galeriilor transversale de subetaj din galeria direcţională să se utilizeze găuri de mină scurte (0,7—0,8 m) şi încărcături reduse de exploziv (în medie 400—500 grame pe gaură), iar pentru găurile de profilare 300 grame de exploziv pe gaură.

**Bibliografie**


[1] Şirokov, A. P. ş.a. *Calculul şi alegerea susţinerii pentru lucrările miniere.* Ed. Nedra, 1978.

[2] Bebenin, M. F. *Alegerea tipului raţional de susţinere a intersecţiilor la lucrările miniere orizontale.* Ugoli Ukraini, nr. 4, 1966.

[3] Novikov, L. V. *Metodă experimentală şi analitică pentru calculul presiunii miniere în lucrările de pregătire şi intersecţii.* Gornîi Jurnal, nr. 7, 1986.

[4] Parcevski, L. I. *Calculul stabilităţii lucrărilor miniere şi determinarea sarcinii asupra susţinerii după rezultatele observaţiilor.* Gornîi Jurnal, nr. 7, 1986.

[5] * * * *Manualul inginerului de mine.* Vol. III Ed Tehnică, 1985.


# Tehnologie şi utilaje pentru susţinerea cu panouri prefabricate din beton armat a puţurilor săpate prin forare


Ing. V. **Pleşea**, tehn. **Şt. Almăşan**
I.C.I.T.P.M.H. Petroşani


## I. Introducere

Dezvoltarea continuă a extracţiei de cărbune la minele din bazinul Valea Jiului, atît în etapa actuală, cît şi în perspectivă, impune creşterea corespunzătoare a volumului de lucrări miniere pentru deschiderea şi pregătirea rezervelor de huilă.

Pentru punerea în funcţiune la termenele stabilite a noilor capacităţi de producţie, precum şi pentru menţinerea şi dezvoltarea celor existente, un rol important revine puţurilor miniere verticale săpate de la zi.

În prezent, la minele din bazinul Valea Jiului, săparea puţurilor se face prin metoda cu perforare-împuşcare, concomitent realizîndu-se susţinerea definitivă în beton monolit, prin intermediul cofrajului glisat.

Avînd în vedere cerinţele actuale, este însă necesară creşterea vitezelor de săpare, respectiv urgentarea lucrărilor de execuţie a puţurilor, fapt pentru care au fost propuse şi aprobate experimentarea şi trecerea la săparea prin foraj la mare diametru a puţurilor din Valea Jiului, metodă ce va conduce, o dată cu perfecţionarea ei continuă, la obţinerea unor viteze medii de săpare, de minimum 80—100 m pe lună.

În ţara noastră, aplicarea metodei speciale prin foraj a puţurilor cunoaşte o arie din ce în ce mai largă, instalaţiile noi, cu prăjini construite cu forţe proprii, reuşind să sape puţuri la diametre de 5 m şi adîncimi de peste 400 m.

Ca sistem uzual de susţinere în cadrul forajului cu prăjini, utilizat la noi în ţară şi la o serie de mine din străinătate, se exemplifică susţinerea cu tubinguri de oţel, ce se montează prin lansarea de tubinguri de la suprafaţă în puţul susţinut provizoriu de către noroiul de foraj.

Deşi prin aplicarea acestui procedeu de execuţie sînt înregistrate viteze medii de avansare superioare faţă de metoda clasică de săpare a puţurilor, costul unui metru de lucrare reprezintă de circa 4 ori costul din varianta clasică. Valoarea mare a preţului de cost înregistrat la execuţia puţurilor prin forare se datorează consumului mare de metal, acesta reprezentînd 55—60% din costul total al lucrării.

Totodată, susținerea cu tubinguri din metal prezintă și inconvenientul execuției după tehnologii greu controlabile, ceea ce conduce la o calitate uneori necorespunzătoare a susținerii, precum și realizarea unei umpleri incomplete cu beton, pe întreaga adîncime, a spațiului dintre extradosul susținerii și pereții puțului.

Avînd în vedere importanța puțurilor pentru asigurarea la timp a capacităților de producție și ponderea mai mare a celor de adîncimi și diametre mari, s-a impus, în ultimii ani, găsirea unor soluții clasice de susținere, utilizînd procedeul de săpare prin forare.

Astfel, cercetările efectuate în scopul înlocuirii actualului tip de susținere a puțurilor forate au fost reorientate spre găsirea unor soluții tehnologice care să utilizeze elemente de susținere din prefabricate mari din beton armat, cu calități portante superioare, corespunzătoare condițiilor geologico-miniere, precum și a instalațiilor și utilajelor necesare montării susținerii.

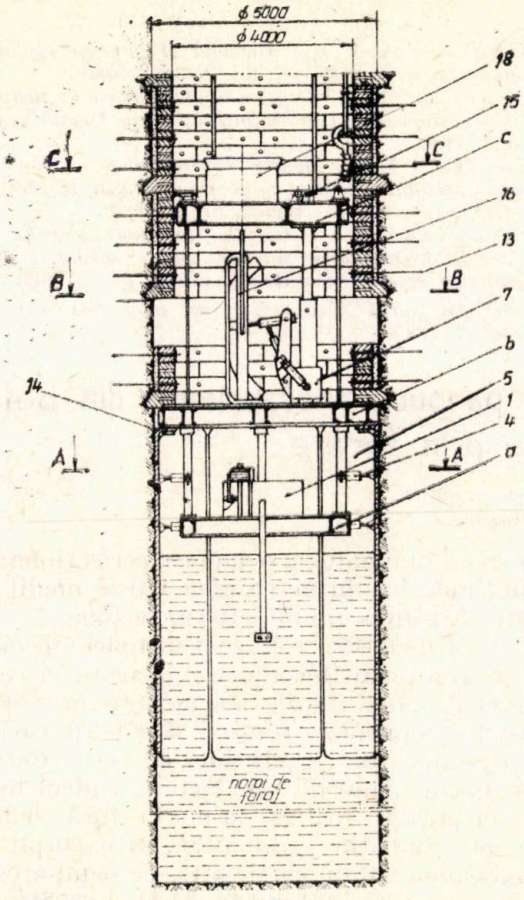



Fig. 1 *a*. Pod complex de susținere : *a* — platforma inferioară ; *b* — platforma intermediară ; *c* — platforma superioară ; *1* — pompe de evacuare a noroiului (2 buc.) ; *2* — pompă de apă ; *3* — pompă hidraulică ; *4* — cilindri hidraulici (30 buc.) ; *5* — scuturi metalice (6 buc.) ; *6* — orificiu și pod rabatabil ; *7* — mașină de montat panouri prefabricate ; *8* — *9* — *10* — *11* — orificii de trecere a conductelor de aeraj, refulare noroi (2 buc.), apă și cabluri electrice ; *12* — orificiu prevăzut cu grătar ; *13* — ancore de consolidare (2 buc./element) ; *14* — radieri de cauciuc (12 buc.) ; *15* — dispozitive de prefințepenire (3—4 buc.) ; *16* — chiblă de transport prefabricate ; *17* — *18* — orificii de trecere și tuburi metalice de siguranță ; *19* — *20* — orificii de trecere a conductelor de betonare (injectare) și de aer comprimat.

În acest sens, ca urmare a eforturilor depuse de Combinatul Minier Valea Jiului prin Institutul de Cercetare, Inginerie Tehnologică și Proiectări Miniere pentru Huilă din Petroșani, s-a trecut la elaborarea și experimentarea sistemului și tehnologiei de execuție a puțului de de aeraj de la I. M. Iscroni, ce prevede săparea prin forare și montarea susținerii din prefabricate din beton armat.

În cele ce urmează se prezintă principalele elemente ce caracterizează tehnologia de susținere și principalii indicatori tehnico-economici posibil de obținut.

## II. Elemente privind dotarea necesară cu instalații și materiale

1. *Podul complex de susținere*

Lucrările de susținere și evacuarea noroiului de foraj se realizează concomitent, pe un pod complex, denumit CSPP—4, suspendat cu cabluri de la zi (fig. 1) sau așezat direct pe un

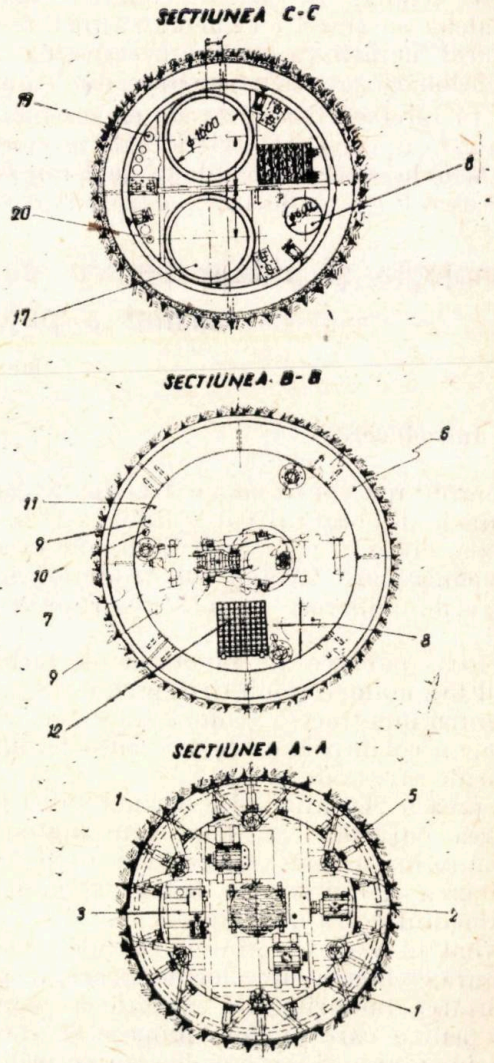



Fig. 1 *b*. Secțiuni prin podul complex de susținere.

plutitor, urmînd ca întregul complex să fie echilibrat prin intermediul cablurilor.

Pentru îndeplinirea scopului prevăzut, complexul de susţineri este constituit din trei platforme.

Platforma inferioară *a*, situată în baza complexului, pe care se vor amplasa pompele pentru evacuarea noroiului de foraj *1*, grupurile de acţionare *2*; *3* pentru instalaţia de spălare a pereţilor şi de acţionare a cilindrilor hidraulici *4*, în vederea manevrării scuturilor metalice *5*, necesare realizării susţinerii provizorii a pereţilor pe porţiunea dezvelită şi sub nivelul noroiului pe o adîncime de 6 m.

Pentru trecerea conductelor de aspirare a pompelor de noroi şi pentru asigurarea eventualelor intervenţii sub nivelul complexului de susţinere, platforma inferioară este prevăzută cu un orificiu central *6*, prevăzut cu pod rabatabil.

Platforma intermediară *b*, situată la 2,0 m de platforma inferioară, pe care se deplasează o maşină hidraulică *7* necesară montării mecanizate a elementelor prefabricate. Platforma intermediară este prevăzută cu orificii pentru trecerea conductelor de aeraj *8*, refulare noroi *9*, apă *10* şi a cablurilor electrice *11*. Pentru aerisirea fronturilor de lucru, platforma mai este prevăzută cu un orificiu *12* dimensionat corespunzător trecerii debitului necesar de aer, prevăzut cu grătar metalic de protecţie.

De pe această platformă se execută şi umplerea cu mortar de ciment a spaţiului rămas liber între extradosul susţinerii şi pereţii puţului; în cazul pereţilor constituiţi din roci instabile, are loc perforarea găurilor şi montarea ancorelor de consolidare *13*.

În vederea curăţării, o dată cu coborîrea complexului, a pereţilor de noroiul depus (turta de colmataj), platforma intermediară este prevăzută cu duze de stropire şi radieri de cauciuc *14*, dispuşi radial. Tot radial, la baza platformei, sînt prevăzute dispozitivele pentru suspendarea şi culisarea scuturilor metalice.

Platforma superioară *c*, situată la 5 m de cea intermediară, pe care se montează dispozitivele de preîntepenire *15*, are rolul de protecţie a întregului complex de susţinere.

Pentru circulaţia chiblei *16* cu care se asigură transportul prefabricatelor, platforma este prevăzută cu două orificii de trecere *17* şi tuburi metalice de siguranţă *18*.

Faţă de orificiile de trecere prevăzute la nivelul platformei intermediare, platforma superioară este prevăzută, în plus, cu orificii de trecere a conductei de betonare şi injectare *19* şi a conductei de aer comprimat *20*.

În paralel cu executarea susţinerii, de pe platforma superioară se prevede a se executa operaţia de amenajare parţială a puţului ce constă în montarea conductelor şi a compartimentului de circulaţie.

2. *Elementele prefabricate*

Elementele prefabricate sînt panouri din beton greu prefabricat, de formă curbă, prin a căror asamblare se obţin elemente inelare cu diametrul interior de 4 m. Funcţie de rolul ce le revin, se disting două grupe de elemente prefabricate;

— elemente prefabricate de reazem, PPPR—4;

— elemente prefabricate de susţinere, PP—4.

Elementele prefabricate ce compun pintenul de reazem (fig. 2) au rolul de susţinere a întregului tronson de prefabricate şi asigură mon-

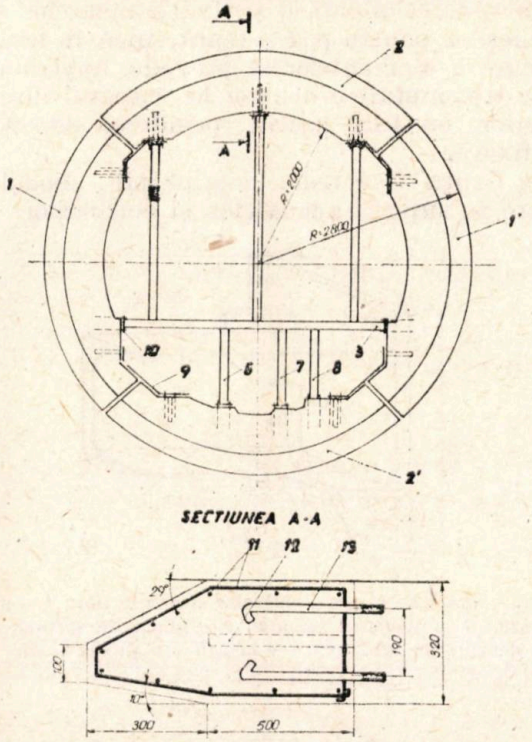



Fig. 2. Pinten de reazem din elemente prefabricate: *1* — *1'* — elemente prefabricate de reazem tip PPPR—4 — 1a şi PPPR—4 — 1b; *2*—*2'*— elemente prefabricate de reazem tip PPPR—4—2a şi PPPR—4—2b; *3* — moază transversală; *4* — moază centrală; *5* — moază laterală; *6* — 7 — *8* — cornieri pentru pod şi scară; *9* — placă de prindere; *10* — sistem de fixare a moazelor şi cornierilor; *11* — armături metalice; *12* — orificiul central tubat; *13*— tije metalice.

tarea moazelor şi cornierilor pentru amenajarea puţului.

Caracteristicile principale ale elementelor sînt:

| tipul elementului, | PPPR—4—1a PPPR—4—1b | PPPR—4—2a PPPR—4—2b |
|---|---|---|
| — lăţimea elementului, mm | 800 | 800 |
| — înălţimea elementului, mm | 320 | 320 |
| — masa elementului, kg | 1 700 | 1 900 |
| — volumul unui element, m³ | 0,870 | 1,00 |
| — nr. de elemente pe metru de puţ, buc. | 4 | 4 |
| — marca betonului | B—400 | B—400 |

Pentru montarea lor în subteran, elementele pintenului de reazem sînt prevăzute cu orificii centrale tubate în care se montează, la turnare, o țeavă Ø60×4 mm cu piuliță M 48 la capătul dinspre extrados. Pentru legarea între ele, în plan traversal, elementele sînt prevăzute la capete cu orificii tubate din țeavă Ø 48×4 mm cu piuliță M 36, montate asemănător ca și cele centrale.

Prinderea elementelor în plan transversal se realizează cu ajutorul unui sistem constituit din plăci metalice și bolțuri.

În vederea montării și fixării moazelor și a cornierilor pentru pod și scară, încă în faza de turnare a elementelor se prevede implantarea unor tije metalice dispuse la capătul dinspre exterior, cu filet pentru prinderea suporților de fixare.

În figura 3 se vede, în principiu, modul de fixare pe suporți a moazelor și cornierilor.

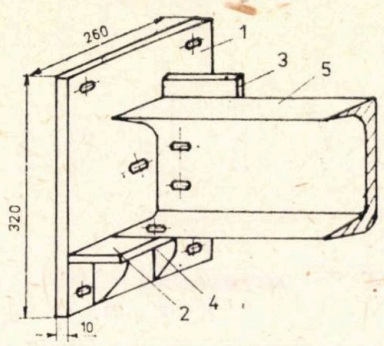



Fig. 3. Suport de fixare a moazelor și cornierilor; *1* — placă de bază; *2* — placă de așezare; *3* — placă de sprijin; *4* — nervuri de întărire; *5* — moază din profil U 20.

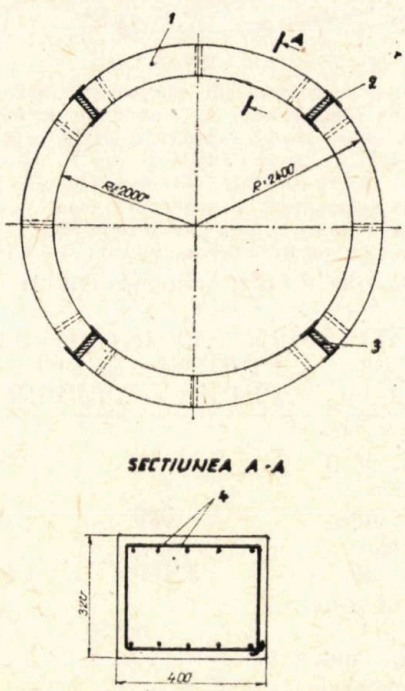



Fig. 4. Inel din elemente prefabricate tip PP—4: *1*— element prefabricat; *2* — element H; *3*— inserție compresibilă; *4* — armături metalice.

Elementele prefabricate PP—4, cu rol de susținere propriu-zisă a puțului, prezintă următoarele caracteristici principale:

—lățimea elementului (grosimea susținerii), mm 400;
—înălțimea elementului, mm, 320;
— masa elementului, kg 1 080;
— volumul unui element, $m^3$ 0,442;
— nr. elemente pe metru de puț, buc. 12;
— marca betonului B—400.

Ca și la elementele pintenului de reazem, elementele tip PP—4 sînt prevăzute, pentru montare, cu orificii centrale tubate cu țeavă Ø 48×4 mm și piuliță M 36. Fixarea elementelor în plan transversal (fig. 4) se face introducîndu-se la capete elemente metalice tip H, care au rolul de oprire a migrării mortarului de ciment injectat în spatele susținerii.

Pentru a conferi susținerii caracterul rigido-plastic, între capetele prefabricatelor și elementele H se prevede implantarea inserțiilor compresibile din lemn de esență moale. În vederea montării ancorelor de consolidare, elementele de susținere sînt prevăzute la capete cu orificii cu diametrul de 40 mm.

### 3. *Mașina de montat panouri prefabricate*

Panourile prefabricate se montează mecanizat cu ajutorul unei instalații prevăzută cu un braț cu trei grade de libertate, care se deplasează pe șină de cale ferată la nivelul platformei intermediare, respectiv sub platforma superioară, pe o cale de rulare.

Principalele părți componente ale mașinii sînt: corpul mașinii; mecanismul de manipulare a sarcinii; dispozitivul de echilibrare-rulare; grupul de acționare; grupul de acționare-rulare; dispozitivul de rulare; grupul de comandă; instalația hidraulică; instalația electrică; căile de rulare.

Dintre caracteristicile principale ale mașinii se remarcă:

— sarcina de ridicare, max. 2 500 daN;
— rotirea brațului:
  • în plan orizontal, 350°;
  • în plan vertical, 75°;
— viteza de deplasare a mașinii:
  • fără sarcină, 0,3—0,4 m/s;
  • cu sarcină, 0,15—0,2 m/s;
— greutatea, circa 2 000 daN.

Modul de funcționare

Toate manevrele instalației sînt hidraulice, obținute de la motorul în stare de funcționare prin acționarea manetelor distribuitorului hidraulic în poziții corespunzătoare.

Prinderea panourilor prefabricate se execută cu ajutorul unui dispozitiv furcă cu locaș sferic, care permite manipularea panoului în orice direcție.

## III. Tehnologie de execuţie a puţului şi de susţinere cu panouri prefabricate

### 1. *Săparea lucrării*

Tăierea rocii se va realiza prin forare cu ajutorul instalaţiei tip F 400—M.

Montarea instalaţiei la suprafaţă şi începerea forajului se vor efectua după ce, în prealabil, au fost încheiate lucrările de execuţie prin metoda obişnuită a puţului premergător (gulerul de puţ).

Diametrul puţului forat va fi de 5 000 mm, rezultînd o suprafaţă excavată de circa 19,65 m$^2$. După terminarea forării puţului pe întreaga adîncime, instalaţia de foraj se va demonta, urmînd să se execute lucrările de construcţii şi montaj a instalaţiei definitive de extracţie.

Pe durata efectuării acestor lucrări şi pînă la începerea susţinerii şi amenajării, puţul se va afla pe întreaga adîncime plin cu noroiul rezultat la foraj, urmînd să fie evacuat, concomitent, pe tronsoane echivalente realizării susţinerii.

În varianta de susţinere prezentată, montarea elementelor prefabricate comportă, în ordine, următoarele faze principale;

— pregătirea pentru montarea panourilor prefabricate, ce prevede executarea excavaţiei pentru implantarea pintenului de reazem, urmată de transportul prefabricatelor în chible;

— montarea prefabricatelor ce constituie pintenul de reazem şi a elementelor PP—4, inel cu inel, pînă la închiderea tronsonului, implantarea ancorelor şi umplerea prin injectare cu mortar de ciment a spaţiului de la extrados;

— evacuarea noroiului de foraj, demontarea scuturilor metalice şi a dispozitivelor de pretensionare şi coborîrea complexului de susţinere.

După montarea pintenului de reazem (aşezarea în locaş), se procedează la verificarea verticalităţii lucrării şi corecţia erorilor, în vederea clădirii tronsonului cu menţinerea direcţiei date.

Fazele de execuţie a susţinerii cu prefabricate se prezintă în figura 5.

### 2. *Indicii tehnico-economici posibil de realizat la aplicarea tehnologiei de săpare prin foraj a puţurilor şi susţinerea cu prefabricate*

Indicatorii tehnico-economici posibil de obţinut, comparativ cu cei caracteristici execuţiei prin metoda clasică a puţurilor cu diametrul liber de 4 m, sînt următorii:

— reducerea profilului de săpare cu aproximativ 15—20%;

— obţinerea unor avansări medii de săpare de 4—5 ori mai mari;

— reducerea consumurilor de muncă la susţinerea definitivă cu circa 25—30%;

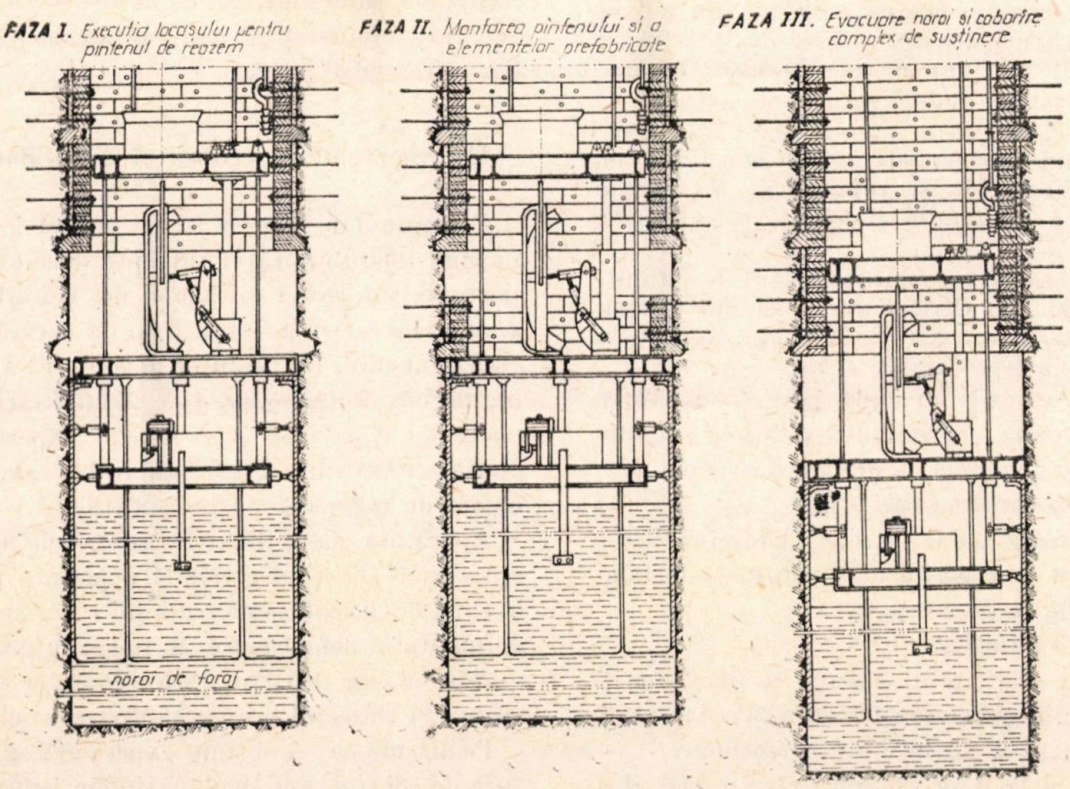



Fig. 5. Fazele tehnologice de susţinere cu prefabricate din beton armat.

— creşterea vitezelor de avansare la execuţia susţinerii de 2—2,5 ori ;

— creşterea vitezei de amenajare de 2,5—3 ori ;

— creşterea productivităţii muncii de 2,5—3,5 ori ;

— reducerea efortului fizic pentru personalul de execuţie, prin mecanizarea complexă a realizării săpării şi susţinerii ;

— calitatea garantată a susţinerii, ca urmare a execuţiei prefabricatelor la suprafaţă, la întreprinderi de profil specializate în execuţia de prefabricate.

---

# Posibilităţi de aplicare a controlului stării prin vibraţii a maşinilor şi instalaţiilor din industria minieră

Prof. dr. docent ing. **I. N. Constantinescu**
Institutul de Mine Petroşani
dr. ing. **A.V. Darabont**, fiz. **M. Ciodaru**
Institutul de Cercetări pentru Protecţia Muncii

## I. Generalităţi

În industria minieră se manifestă tendinţa proiectării de echipamente mari, complexe şi de mare productivitate. Pe măsură ce echipamentul se măreşte ca dimensiune şi cost, timpul de oprire reflectă nu numai costuri mărite de întreţinere, dar şi o pierdere mai mare de producţie, urmare întreruperilor în funcţionare ş.a.

Această situaţie are ca rezultat un interes crescut pentru schemele optime de întreţinere, care permit un timp de funcţionare maxim.

Singura soluţie viabilă pentru aceasta constă în întreţinerea predictivă, ceea ce presupune măsurarea stării maşinilor cu ajutorul vibraţiilor şi repararea lor numai atunci cînd măsurările arată că este necesar [1; 4; 5; 8].

Lucrarea de faţă prezintă rezultatele obţinute la mina Quebec Cartier de la Mount Wright (Canada) [2]. Aici controlul stării maşinilor prin analiza vibraţiilor s-a aplicat la :

— excavatoarele cu cupă pentru excavarea minereului, controlîndu-se starea grupului motor-generator, a dispozitivelor de ridicare şi rotire a cupei ;

— autobasculantele grele Diesel-electrice pentru transportul minereului la instalaţiile de concasare primară ;

— morile autogene.

Controlul stării prin vibraţii a maşinilor şi instalaţiilor la mina respectivă a avut ca rezultat mari economii la costurile de întreţinere.

Detectarea la timp a unor defecte, mai ales la autobasculantele grele Diesel-electrice, a permis evitarea unor întreruperi în funcţionarea acestor utilaje deosebit de costisitoare.

După obţinerea acestor rezultate încurajatoare, serviciul de întreţinere al minei a hotărît să intensifice programul de control pentru a acoperi şi alte instalaţii importante. Acest program va include, printre altele, controlul instalaţiilor pentru perforarea găurilor de mină şi a echipamentului auxiliar de la instalaţia de concentrare a minereului, unde produsul final conţine circa 66,5% fier.

## II. Programul de control al vibraţiilor

Programul de control al vibraţiilor a început în anul 1980 cu dotarea întreprinderii cu un set portabil tip Brüel şi Kjaer de echilibrare şi analiză. Acest set a fost utilizat cu succes pentru controlul stării mai multor maşini. El a permis inginerilor de întreţinere să se familiarizeze cu controlul vibraţiilor şi să capete experienţă în analiza vibraţiilor şi a informaţiilor care se pot obţine de la fiecare maşină controlată.

Aparatura s-a utilizat la motoarele autobasculantelor Diesel-electrice şi a permis punerea în evidenţă a nealinierii grupului rotor-generator şi montării defectuoase a ramei auxiliare, a motorului, iar în cazul excavatoarelor — nealinierea şi dezechilibrarea motoarelor electrice.

Pe măsură ce s-a obţinut experienţă cu aparatura de control, numărul maşinilor controlate a crescut, programul de control prin vibraţii al

mașinilor prezentînd din ce în ce mai mare siguranță. Aceasta a culminat cu completarea programului — în anul 1985 — cu un sistem bazat pe un computer de birou, capabil să detecteze automat defectele ansamblului analizat, pe banda de înregistrare a vibrațiilor. Sistemul are posibilități deosebite de diagnosticare a defectelor și poate prelucra și stoca un număr mare de date.

Schema sistemului de control bazat pe computer este prezentată în figura 1.

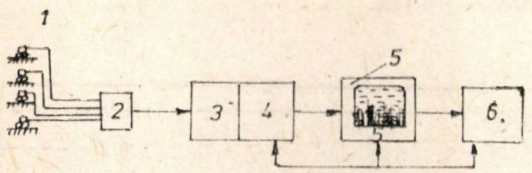



Fig. 1. Schema sistemului de control bazat pe computer: *1* — accelerometre; *2* — cutie de legături; *3* — multiplexer; *4* — înregistrator; *5* — analizor în timp real; *6* — computer.

Datele de vibrații se înregistrează mai întîi pe banda de la accelerometrele atașate pe mașini sau instalații. Acolo unde a fost necesar, au fost sudați suporți pe mașinile controlate pentru a permite realizarea mai ușoară a măsurărilor de vibrații pe direcție orizontală, verticală și axială, care apoi pot fi înregistrate simultan pe un magnetofon.

Fiecare mașină sau instalație are propriul său semnal caracteristic al vibrațiilor, care poate fi obținut prin realizarea spectrului unui semnal înregistrat. Prin urmare, prin măsurarea la anumite intervale a vibrațiilor și compararea spectrului de frecvență „curent" al mașinii cu spectrul de referință din „starea originală", se vor pune în evidență modificările stării mașinii.

În figura 2 este reprezentat un asemenea procedeu de detectare a defectelor; curba de sus reprezintă spectrul curent, iar cea de jos — spectrul de referință.

Tehnicianul care face înregistrarea face și compararea spectrelor. Pentru realizarea acestei comparări, trebuie să redea datele de vibrații în analizor, să cheme spectrul de referință adecvat și să execute programul de comparare, orice creștere fiind evidențiată automat.

Inginerii de întreținere de la mina menționată au căpătat o experiență considerabilă atît la utilizarea sistemului, cît și a caracteristicilor de

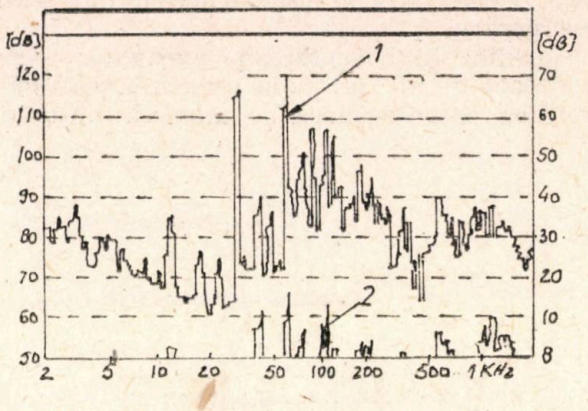



Fig. 2. Exemple de spectre de vibrații: *1* — spectrul curent; *2* — spectrul de referință.

vibrații ale fiecărei mașini controlate. Aceasta le permite să aprecieze starea mașinii dintr-o privire rapidă asupra spectrului și să stabilească limitele absolute de vibrații pe anumite părți ale mașinilor.

## III. Controlul vibrațiilor excavatoarelor

La mina Mount Wright există în total în funcțiune 31 excavatoare acționate electric, fiecare cu o capacitate a cupei de 15 m³. Acestea cuprind tipurile Bucyrus-Erie 295 B și 185 B 1; P&H 2 100 BL și Marion 201 M.

În prezent disponibilitatea excavatoarelor este de aproximativ 65%. Controlul vibrațiilor a jucat un rol important în menținerea acestui nivel înalt, deoarece numai cu un an înainte disponibilitatea era de 45%.

Problemele principale întîlnite sînt la setul motor-generator (MG) care, la costurile de 250 000 dolari pentru înlocuire și 100 000 dolari pentru reparații, reprezintă un cost de întreținere considerabil.

Programul de control al excavatoarelor acoperă următoarele subansamble:

- setul motor-generator (MG) — probleme de dezechilibru și nealiniere;
- dispozitivul de ridicat cupa și de acționare a mișcării de rotație — probleme la roțile dințate și lagăre;
- acționarea dispozitivului de ridicat — probleme de dezechilibru și lagăre.

În figurile 3 și 4 sînt reprezentate cele 14 puncte de măsurare pe cele două seturi de MG existente pe excavator.

Măsurările de vibrații se fac mai întîi pe un set MG nou, înainte de a fi montat pe excavator,

cînd se înregistrează spectrul de referinţă pentru comparare.

Imediat după montarea pe excavator se înregistrează un alt spectru de referinţă,pentru a se verifica corectitudinea de montaj. Măsurările

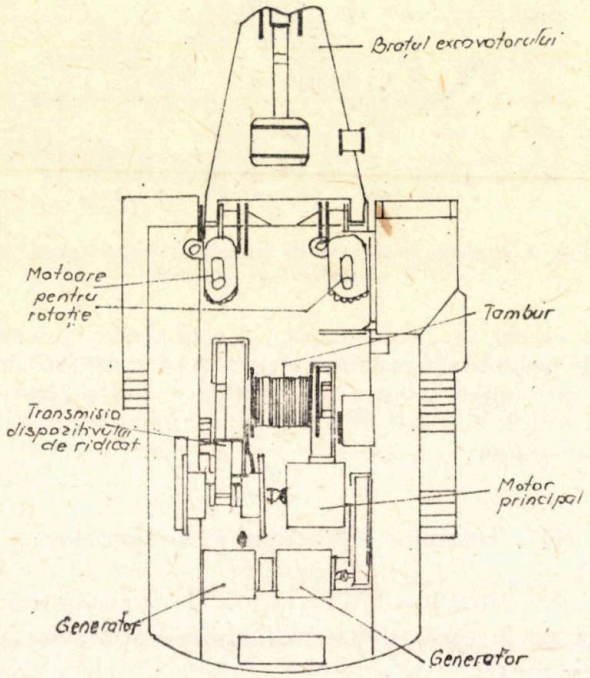



Fig. 3. Vedere de sus a excavatorului P & H cuprinzînd punctele de măsurare a vibraţiilor.

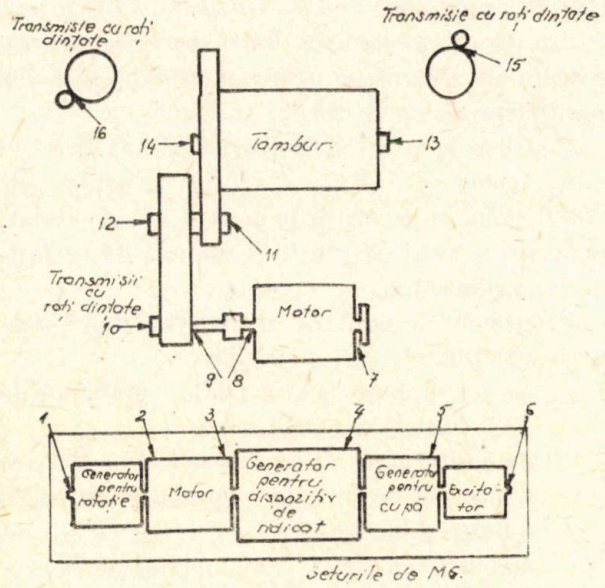



Fig. 4. Vedere schematică a excavatorului Bucyrus-Erie şi Marion, cu reprezentarea punctelor de măsurare a vibraţiilor.

se refac apoi pe setul MG la fiecare 1 000 — 1 200 ore de funcţionare şi se face compararea spectrelor cu ambele spectre de referinţă.

Dacă după compararea spectrelor se constată, la o componentă oarecare, o creştere de 20 dB, aceasta indică necesitatea de a acţiona imediat pentru remedierea defectului.

Defecţiunile frecvente care apar la setul MG pot fi cauzate de n e a l i n i e r e sau d e z e c h i l i b r u .

Experienţa a arătat că n e a l i n i e r e a oricărei componente a setului MG poate fi identificată prin creşterea vibraţiilor la componenta reprezentînd de două ori frecvenţa de rotaţie a arborelui (a doua armonică).

În figura 5 este prezentat, spre comparare, spectrul măsurat pe un set MG, care indică o creştere foarte mare ( > 30 dB) la armonica a doua — 60 Hz.

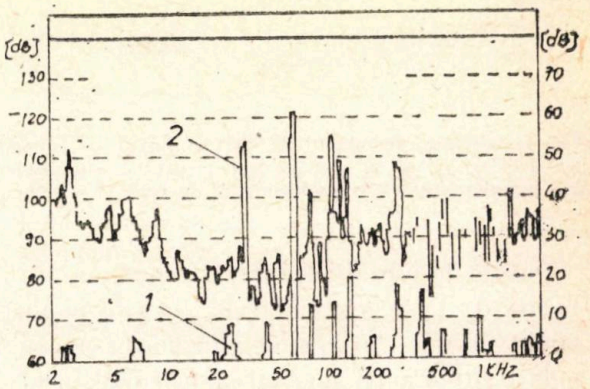



Fig. 5. Exemple de defecţiune prin nealiniere, indicate prin creşteri mari la componenta de la $2n$, $n$ fiind frecvenţa de rotaţie: *1* — spectrul de referinţă; *2* — spectrul obţinut.

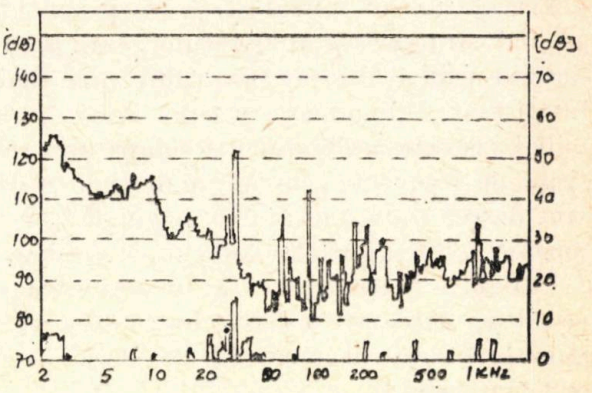



Fig. 6. Exemplu de defecţiune prin dezechilibru, indicat de o creştere cu 16 dB a nivelului de virbaţii la frecvenţa de rotaţie: *1* — spectrul de referinţă; *2* — spectrul obţinut.

Un d e z e c h i l i b r u în oricare din componentele setului MG poate fi identificat prin creşterea vibraţiilor la frecvenţa de rotaţie a arborelui. Un asemenea exemplu este reprezentat în figura 6, care arată o comparare a spectrelor de la setul MG al dispozitivului de ridicare şi repre-

zintă o creştere de aproximativ 16 dB la 30 Hz, frecvenţa rotorului generatorului.

Programul de control prin vibraţii s-a aplicat şi la dispozitivul de ridicare al cupei excavatorului, avînd în componenţă un cuplaj care funcţionează pe principiul curenţilor turbionari.

În figura 7 este prezentată schema acestui dispozitiv.

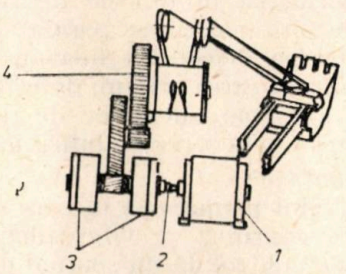



Fig. 7. Schema dispozitivului de ridicare a cupei excavatorului: *1* — motorul de antrenare; *2* — turaţia 10 Hz; *3* — cuplaje electromagnetice; *4* — transmisii cu roţi dinţate.

Înainte de începerea programului de control prin vibraţii, durata de funcţionare a cuplajelor electromagnetice era de 1 200 ore. Cu ajutorul controlului efectuat prin vibraţii, aceasta a fost mărită la 6 000 ore. Avînd în vedere costul de 100 000 $ pentru înlocuirea unui cuplaj şi 50 000 $ pentru recondiţionarea sa, mărirea duratei de funcţionare reprezintă o economie considerabilă.

## IV. Controlul vibraţiei autobasculantelor

Parcul de autobasculante al minei Quebec Cartier constă din 41 autobasculante Diesel-electrice tip Wabco, Terex şi Unit Rig, fiecare cu o capacitate de 170 t. Autobasculantele sînt echipate cu un motor Diesel de 1 600 CP, care antrenează un generator de curent continuu care, la rîndul său, acţionează motoarele electrice montate pe fiecare osie de la roţile din spate. La un cost de aproximativ 1 milion $ fiecare, aceste camioane reprezintă o investiţie considerabilă.

Pînă în anul 1980, motoarele Diesel erau schimbate după cîte 10 000 ore. După aplicarea controlului stării prin vibraţii, durata de funcţionare a crescut considerabil, două motoare ajungînd să funcţioneze peste 18 000 ore.

În figura 8 este prezentată variaţia timpului mediu de funcţionare a unui motor Diesel între anii 1980 şi 1985, înainte de a fi demontate pentru recondiţionare.

Defecţiunile frecvente s-au constatat la:

— agregatul Diesel-generator, constînd în nealinierea motorului cu generatorul, probleme la lagăre;

— ventilatorul de răcire, constînd în palete îndoite, murdărie pe palete, dezechilibru, tensionarea curelei de transmisie;

— suflanta tip Root, constînd în uzura canelurilor arborelui motor.

La fiecare 300 ore, autobasculantele se aduc pentru revizii, în cadrul cărora se face o analiză a vibraţiilor.

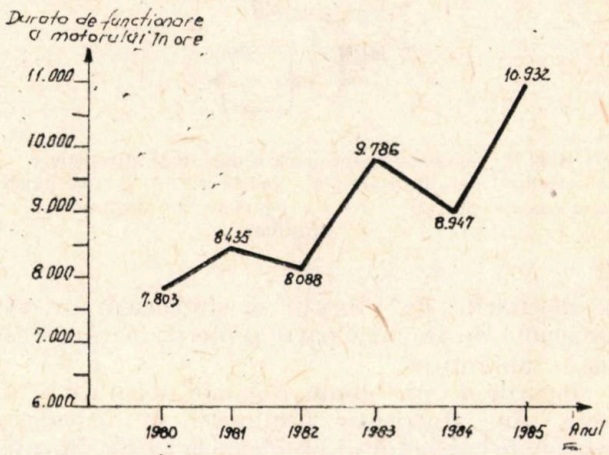



Fig. 8. Timpul mediu de funcţionare al motoarelor Diesel între anii 1980 şi 1985.

Măsurările de vibraţii se fac pe partea din faţă şi din spate a motorului Diesel, pe generator şi pe suflantă. Tehnicianul compară nivelurile de vibraţii măsurate cu nivelurile standard (tab. 1).

## V. Controlul vibraţiilor instalaţiei de măcinare

Uzina de preparare a minereurilor de la Mount Wright este una din cele mai mari din lume, capabilă să prelucreze 135 000 t de minereu brut zilnic. Uzina posedă şase circuite

*Tabelul 1*

| Locul măsurării | Nivel măsurat, dB | | | |
|---|---|---|---|---|
| | normal | acceptabil | inacceptabil | periculos |
| Ventilator Terex (măsurat la 18 Hz) | pînă la 116 | 116—125 | 125—134 | peste 134 |
| Motor Diesel (măsurat la 1,47×turaţia) | pînă la 130 | 130—136 | 136—143 | peste 143 |
| Suflantă (măsurată la 2,26×turaţia) | pînă la 115 | 115—120 | 120—125 | peste 125 |

paralele care cuprind echipamente de măcinare și concentrare.

Programul de control al vibrațiilor acoperă șase mori autogene, transportoare cu bandă și cîteva sute de pompe.

Morile autogene au diametrul de 9,6 m și sînt acționate de două motoare electrice de cîte 3 000 CP (fig. 9). Datorită importanței lor, aceste instalații au prioritate din punctul de vedere al măsurării vibrațiilor.

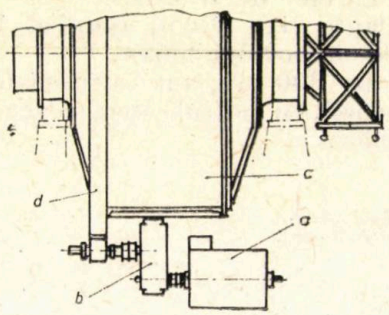



Fig. 9. Schema de acționare a unei mori autogene : *a* — motorul de acționare ; *b* — reductor ; *c* — corpul morii ; *d* — coroana dințată ; *1—8* — punctele de măsurare a vibrațiilor.

Măsurările de vibrații se efectuează în cîte 8 puncte de fiecare parte a morii, la intervale de o săptămînă.

Tipurile de probleme, cele mai obișnuit întîlnite, sînt datorate nealinierii la instalare, avarii ale lagărelor și probleme la roțile dințate.

Deoarece procesul de concentrare a minereurilor este un proces umed, se utilizează un mare număr de pompe, care includ : pompe de steril speciale pentru pomparea fluidelor abrazive fine, pompe de apă verticale, pompe de vid și sistemele de pompare ale morilor.

Pompele de steril se verifică la fiecare trei luni. Fiecare sistem de pompare al morii se măsoară la fiecare a 6-a săptămînă (se măsoară o linie pe săptămînă), iar pompele de vid la fiecare două luni.

Procesele controlate cu defecte tipice sînt : probleme la lagăre și la roțile dințate, nealinierea etc.

## Concluzii

**1.** Realizarea controlului stării mașinilor prin măsurarea vibrațiilor prezintă următoarele avantaje :

— mărește timpul mediu dintre reparațiile capitale ;

— micșorează probabilitatea de avarie bruscă, neașteptată, între reparațiile capitale, deci mărește siguranța în funcționare și elimină accidentarea personalului ;

— evită înlocuirea inutilă a unor componente în stare foarte bună ;

— elimină necesitatea unui stoc de componente de rezervă ; cele necesare pot fi comandate la timp ;

— micșorează durata reparației capitale, echipa de întreținere avînd planificată în prealabil acțiunea necesară.

**2.** Controlul stării mașinilor cu ajutorul vibrațiilor se face prin :

— întreținerea în funcție de stare la care măsurările sînt efectuate regulat și care permit detectarea defectului într-un stadiu incipient, diagnosticarea originii defectului în vederea asigurării componentelor de rezervă, analiza tendinței în vederea stabilirii datei de realizare a reparației ;

— controlul permanent în care se realizează măsurarea continuă a vibrațiilor și în care sistemul de control dă un semnal de avertizare atunci cînd nivelul vibrațiilor depășește o valoare prestabilită, iar în cazul cînd nivelul vibrațiilor crește și mai mult, comandă oprirea mașinii.

În cazul în care cel mai important factor economic este distrugerea mașinii (mașini mari sau unicate) trebuie utilizat controlul permanent.

În cazul în care cel mai important factor economic este pierderea de producție, cea mai potrivită este întreținerea în funcție de stare.

**3.** Defectele diferitelor componente ale mașinii generează maxime în domenii specifice de frecvență.

Domeniul frecvențelor joase conține informații asupra dezechilibrului, nealinierii arborelui încovoiat, instabilității în lagărele de alunecare și slăbirilor mecanice.

Domeniul frecvențelor medii conține informații asupra defectelor din cutia de viteze.

Domeniul frecvențelor înalte conține informații asupra defectelor incipiente în rulmenți.

**4.** Detecția defectelor se realizează prin compararea spectrelor cu valori limită indicate de standarde internaționale. Întrucît mașinile se comportă diferit, cel mai indicat este să se compare spectrele măsurate la intervale regulate cu un spectru de referință măsurat pe mașina respectivă în stare bună de funcționare și să se analizeze tendința evoluției spectrelor.

**5.** Aparatura necesară pentru realizarea controlului stării mașinilor prin măsurări de vibrații este compusă din captori de vibrații, aparatura de analiză a semnalului de vibrații și aparatura de înregistrare și calcul a datelor măsurate.

Sistemele de măsură și control ce pot fi utilizate variază de la aparatură simplă, care măsoară nivelul global al vibrațiilor, pînă la sisteme complexe asistate de calculator, care realizează analiza în frecvență a semnalului, detecția defectelor, diagnosticarea defectului și urmărirea tendinței de dezvoltare a acestuia.

**6.** În industria minieră controlul stării prin vibraţii se poate aplica la o mare varietate de maşini şi instalaţii.

În lucrare se dau exemple de aplicare a acestei metode la excavatoare de mare capacitate, autobasculante şi mori autogene.

Excavatoarele, camioanele şi morile reprezintă trei utilaje vitale ale procesului de producţie a minereului de fier, iar utilizarea controlului vibraţiilor reprezintă un instrument extrem de puternic pentru inginerii de întreţinere ai uzinei.

Cu rezultate ca : „patru motoare de camion salvate de la distrugere", „timpul mediu de viaţă al unui camion mărit de la 7 800 la 10 900 ore", „disponibilitatea excavatoarelor mărită de la 45 la 65%,", „viaţa cuplajelor electromagnetice mărită de la 1 200 la 6 000 ore"...investiţia făcută în sistemul de control a fost recuperată de mai multe ori.

Pornind de la un program de control al vibraţiilor redus şi ajungînd la sistemul actual bazat pe calculator, inginerii de întreţinere au putut să capete o experienţă deosebită la maşinile controlate. Aceasta le-a permis elaborarea unor procedee detaliate de măsurare şi a dat posibilitate tehnicienilor să ia hotăriri rapide privind starea maşinilor din comparări cu limitele de vibraţii pentru componentele individuale ale maşinilor.

**Bibliografie**


[1] Constantinescu, I. Darabont, Al., Ciodaru, M. *Mentenanţa maşinilor şi instalaţiilor din industria minieră* (I). Mine, Petrol şi Gaze, anul XXXIX, nr. 2, 1988, p. 71—78; (II) Mine, Petrol şi Gaze, anul XXXIX, nr. 3, 1988, p. 126—131.

[2] Brown, D. N. et al. *Machine-Condition Monitoring Using Vibration Analysis.* A case Study from an Iron-Ore Mine.

[3] Darabont, Al. ş.a. *Măsurarea zgomotului şi vibraţiilor în tehnică.* Ed. Tehnică, 1983.

[4] Stephenson, B. J. *Analiza vibraţiilor pentru întreţinerea preventivă.* Engineering, vol. 219, nr. 10, 1979, p. 1276—1278.

[5] * * * *Condition monitoring of industrial machinery — Using mechanical vibration as a machine health indicator.* Brüel & Kjaer.

[6] Angelo, M. *Vibration monitoring of machine.* Brüel & Kjaer Technical Review, nr. 1, 1987.

[7] * * * *Notes on the use of vibration mesurements for machinery condition monitoring,* Brüel & Kjaer.

[8] Neale, M. J. ş. a. *Condition monitoring methods and economics.* Symposium of the Society of Environmental Engineers, London, sept., 1975.

[9] Downhame, E. ş. a. *The rationale of monitoring vibration on rotating machinery in continuously operating process plant.* American Society of Mechanical Engineers Vibration Conference, Toronto, Canada, 8—10 sept., 1971.

[10] Gibbs, J. A. *Prezicerea avariilor maşinilor rotative prin controlul vibraţiilor.* Instruments and Control Systems, vol. 54, nr. 5, 1981, p. 51—55.

[11] Hines, G. E. *Prezicerea avariilor prin analiza vibraţiilor.* Instruments and Control Systems, vol. 51, nr. 7, 1978, p. 31—35.

[12] Brown, D. N. ş.a. *Controlul stării maşinilor prin analiza vibraţiilor — Un studiu de caz într-o instalaţie petrochimică.* Brüel & Kjaer.

[13] Quik, M. M. *Prevenirea defectării echipamentelor prin analiza vibraţiilor.* Pulp and Paper, vol. 54, nr. 9, 1980, p. 83—86.

[14] * * * *Permanent vibration monitoring. Permanently instaled machine-monitoring systems for a round-the clock watch on vital machinery.* Brüel & Kjaer.


# Condiţia generală de securitate tehnică privind structurile şi componentele recipientelor/rezervoarelor tehnologice


Prof. dr. ing. **A. Pavel**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti


Conform surselor bibliografice moderne, securitatea tehnică $S$ se defineşte ca fiind starea raporturilor relative dintre diferite elemente sau sisteme tehnice, în general, respectiv dintre un anumit element sau sistem tehnic şi mediul înconjurător ori factorul uman, în particular, starea respectivă fiind creată ca urmare a impunerii aplicării şi respectării anumitor măsuri tehnice, în scopul prevenirii şi combaterii avariilor şi/sau accidentelor. Prin urmare, cantitativ, securitatea tehnică $S$ reprezintă probabilitatea ca o avarie, de o anumită speţă (minoră, majoră, catastrofală), să nu survină. Dimpotrivă, probabilitatea ca un eveniment generator de avarie sau o avarie, de o anumită speţă (minoră, majoră, catastrofală), să se producă reprezintă riscul tehnic $\rho$. Mărimile probabilistice $S$ şi $\rho$, variabile în timp ($S$ scade, $\rho$ creşte), sînt complementare (fig. 1), deci mereu :

$$S + \rho = 1. \tag{1}$$

Aşadar, într-o formă generală, condiţia de securitate tehnică s-ar putea explicita cantitativ astfel :

$$S_{min} = 1 - \rho_{max} \geqslant S_a, \ \% , \tag{2}$$

respectiv :

$$\rho_{max} = 1 - S_{min} \leqslant \rho_a, \ \% , \tag{3}$$

unde :

$S_{min}$ este nivelul minim, la un moment dat, al securităţii tehnice, în %;

$\rho_{max}$ — nivelul maxim, tot la un moment dat, al riscului tehnic, în %;

$S_a$, $\rho_a$ — nivelurile admisibile (acceptabile) ale securităţii tehnice şi, respectiv, riscului tehnic, în %.

**Securitatea tehnică de ansamblu $S = S_R S_S S_F$** *Tabelul 1*

| $S_R$ | $S_S$ \ $S_F$ | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,91 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 |
| | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 |
| | 0,98 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 |
| | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| | 0,96 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 |
| | 0,95 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,94 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 |
| | 0,93 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,92 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,91 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,81 | 0,81 |
| 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 |
| | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 |
| | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 |
| | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 |
| | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 8,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 |
| | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| | 0,98 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 |
| | 0,97 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,96 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,94 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,93 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,92 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,90 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| 0,97 | 1,00 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| | 0,99 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 |
| | 0,98 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,97 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 |
| | 0,96 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,95 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,94 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,90 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| 0,96 | 1,00 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 |
| | 0,99 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,98 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,97 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,96 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,95 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,94 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,93 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,92 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,91 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| | 0,90 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 |
| 0,95 | 1,00 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,99 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 |
| | 0,98 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,97 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,96 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,95 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,94 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,93 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,92 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| | 0,91 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 |
| | 0,90 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |

*Tabelul 1* (continuare)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,00 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 |
| | 0,99 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,98 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,97 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,96 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| 0,94 | 0,95 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,94 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,93 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,92 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 |
| | 0,91 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |
| | 0,90 | 0,84 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |
| | 1,00 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | 0,99 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,98 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,97 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,96 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| 0,93 | 0,95 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,94 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,93 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 |
| | 0,92 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |
| | 0,91 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |
| | 0,90 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 |
| | 1,00 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| | 0,99 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,98 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,97 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,96 | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| 0,92 | 0,95 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| | 0,94 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 |
| | 0,93 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |
| | 0,92 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |
| | 0,91 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 |
| | 0,90 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |
| | 1,00 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 |
| | 0,99 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,98 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,97 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,96 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| 0,91 | 0,95 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 |
| | 0,94 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |
| | 0,93 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |
| | 0,92 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 |
| | 0,91 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |
| | 0,90 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,74 |
| | 1,00 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| | 0,99 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| | 0,98 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| | 0,97 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 |
| | 0,96 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 |
| 0,90 | 0,95 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 |
| | 0,94 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 |
| | 0,93 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 |
| | 0,92 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |
| | 0,91 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,74 |
| | 0,90 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,73 |

Atunci cînd, concomitent, sînt îndeplinite condiţiile de rezistenţă, de stabilitate elastomecanică şi de fiabilitate, respectiv de nerebutare/admisibilitate, evident, starea de securitate tehnică a aparatelor termomecanice, tehnologice şi similare este aşa-zisă perfectă, rezultînd :

$$S_{min} \rightarrow S_{max} \rightarrow 1{,}00 \rightarrow 100\%, \qquad (4)$$

respectiv :

$$\rho_{max} \rightarrow \rho_{min} \rightarrow 0{,}00 \rightarrow 0\%. \qquad (5)$$

În alternativa neîndeplinirii simultane a uneia sau unora dintre condiţiile enumerate, se înţelege că tendinţele (4) ; (5) sînt obstrucţionate, de la caz la caz obţinîndu-se $S_{min} < 100\%$ sau $S_{min} \leqslant 100\%$, respectiv $\rho_{max} > 0\%$ sau $\rho_{max} \geqslant 0\%$. Drept consecinţă, la un

*Tabelul 2*

**Riscul tehnic de ansamblu $\rho = 1 - S$ (tabel exemplificativ)**

| $S_k$ | | | $S = \prod_{k=1}^{3} S_k$ | $\rho$, în % |
|---|---|---|---|---|
| $k = 1$ | $k = 2$ | $k = 3$ | | |
| 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0 |
| 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 1 |
| | | 0,95 | 0,95 | 5 |
| | | 0,90 | 0,90 | 10 |
| 1,00 | 0,90 | 1,00 | 0,90 | 10 |
| | | 0,99 | 0,89 | 11 |
| | | 0,95 | 0,85 | 15 |
| | | 0,90 | 0 81 | 19 |
| 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,86 | 14 |
| 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,73 | 27 |

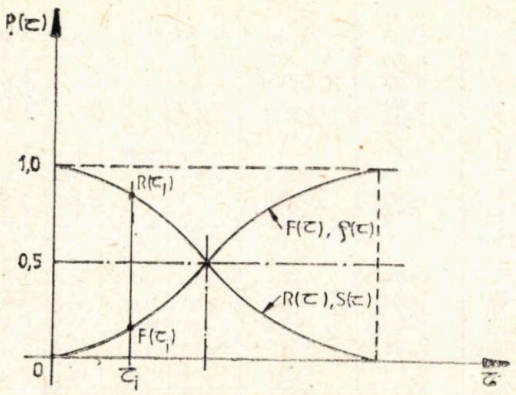



Fig. 1. Dependența de timp a fiabilității și securității tehnice, respectiv a defiabilității și riscului tehnic:

$R(\tau)$, $R(\tau_i)$ — fiabilitatea; $F(\tau)$, $F(\tau_i)$ — defiabilitatea; $S(\tau)$ — securitatea tehnică; $\rho(\tau)$ — riscul tehnic; $\tau$, $\tau_i$ — timpul. Notă. Funcțiile de dependență, redate exemplificativ, sînt oarecare (generale) și reciproc corelate.

moment dat, anumit, potrivit axiomei probabilităților compuse, securitatea tehnică de ansamblu a unui element sau sistem ori a unei componente sau structuri de tip aparat termomecanic sau tehnologic, recipient, rezervor, conductă etc., va avea expresia:

$$S_{min} = S_S S_R S_F = \prod_{k=1}^{3} S_k \geq S_a, \qquad (6)$$

în care*:

$S_1 = S_S \leq 1 \rightarrow 100\%$ este securitatea tehnică corespunzătoare condițiilor de stabilitate elastomecanostatică;

$S_2 = S_R \leq 1 \rightarrow 100\%$ — securitatea tehnică corespunzătoare condițiilor de rezistență;

$S_3 = S_F \leq 1 \rightarrow 100\%$ — securitatea tehnică corespunzătoare condițiilor de fiabilitate.

Pentru cazul general ($k = 1,2,\ldots,n$) rezultă:

$$S_{min} = \prod_{k=1}^{n} S_k \geq S_a. \qquad (7)$$

Cuantificarea nivelurilor acceptabile $S_a$ și $\rho_a$ se face numai de la caz la caz, pe considerente tehnico-economice și conjunctural sociale, de fiecare dată reținîndu-se disponibilitățile așa-numitului domeniu de alertă specific (tab. 1 și 2).

Așadar, fenomenologic, între condițiile de rezistență, de stabilitate elastomecanică și de fiabilitate nu există conexiuni, asigurarea îndeplinirii fiecăreia în parte fiind independent obligatorie. Transcrierea securității tehnice de ansamblu a aparatelor termomecanice, tehnologice și similare implică, însă, conexiunea probabilistică și, deci, formală, a condițiilor enumerate, fiecare dintre acestea neputîndu-se constitui într-o singură condiție de securitate tehnică.

---

* Cu semnificație valorificabilă numai în domeniul specific așa-zis de alertă.

# Cercetări privind construcția, fabricația și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu (II)

Conf. dr. ing. **V. Ulmanu**, șef lucr. dr. ing. **Gh. Zecheru**, șef lucr. dr. ing. **Gh. Drăghici**,
conf. dr. ing. **M. Mareu**, asist. ing. **M. Minescu**, asist. ing. **V. Ispas**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

## III. Aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj

*1. Caracteristicile structurale generale ale aliajelor de aluminiu deformabile și durificabile prin tratamente termice*

Cercetările efectuate și experiența practică dobîndită pînă în prezent în domeniul fabricării și utilizării prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu au evidențiat că cea mai bună compatibilitate cu realizarea acestor echipamente o au aliajele prelucrabile prin deformare plastică și durificabile structural prin aplicarea de tratamente termice.

Caracterizarea structurală generală a acestor aliaje de aluminiu este posibilă dacă se consideră că aliajele reprezentative ale acestei clase aparțin sistemului binar Al—Cu.

Diagrama de echilibru a sistemului Al—Cu, prezentată în figura 8, arată că fazele ce alcătuiesc (în condiții de echilibru) structura aliajelor

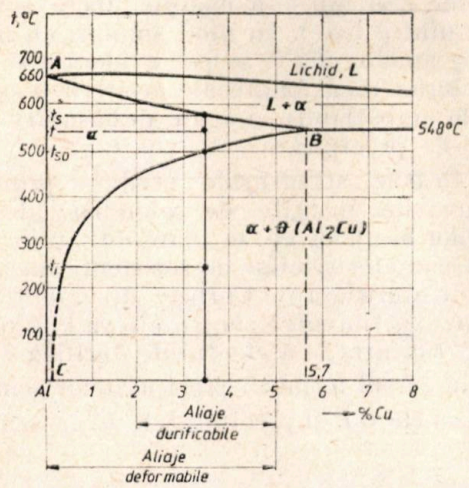



Fig. 8

acestui sistem sînt: soluția solidă α (soluție solidă de substituție de Cu în Al, cu rețea cristalină cubică cu fețe centrate—CFC) și compusul intermetalic θ (compus de tip geometric, din categoria fazelor Laves — formula $Al_2Cu$ — conținînd 54,1% Cu și avînd rețea cristalină tetragonală) [11; 12; 13]. Pe diagramă s-a marcat domeniul aliajelor deformabile (cu structură monofazică α sau bifazică, α + θ, cu θ în cantitate redusă, sub formă de fază secundară) și s-a indicat subdomeniul acestuia, corespunzător aliajelor ce pot fi durificate prin tratament termic.

Tratamentul termic prin care se realizează durificarea structurală a aliajelor Al—Cu are următoarele etape [11; 16]:

- călirea de punere în soluție constă în încălzirea aliajului supus tratamentului (la o temperatură $t$, $t_{so} < t < t_s$, $t_s$ și $t_{so}$ fiind ordonatele punctelor de intersecție ale verticalei aliajului cu linia solidus $AB$, respectiv cu linia solvus $BC$ din diagrama de echilibru, fig. 8) pentru atingerea structurii monofazice α, urmată de răcirea cu viteză mare pentru menținerea acestei structuri și la temperatura ambiantă $t_a$;
- îmbătrînirea constă în menținerea aliajului călit la temperatura ambiantă (îmbătrînire naturală) sau în încălzirea și menținerea acestuia la o temperatură $t_i$, $t_a < t_i < t_{so}$ (îmbătrînire artificială) pentru separarea din soluția suprasaturată (metastabilă), obținută prin călirea unor precipitate care durifică structura.

Natura fazică și caracteristicile structurale ale precipitatelor ce se formează la îmbătrînire depind de temperatura și durata acestui tratament, întrucît precipitatele se formează prin germinare și creștere, procese ce au la bază fenomene de difuzie. Cercetările întreprinse [11; 12] au evidențiat că, în funcție de temperatura și durata îmbătrînirii aliajelor Al—Cu călite, în structura matricei α se formează următoarele precipitate:

— zonele *GP* (notate în acest mod după numele cercetătorilor Guinier și Preston care le-au detectat pentru prima dată prin tehnici de difracție de raze X) apar la temperaturi și durate mici ale procesului de îmbătrînire și sînt asocieri preferențiale de atomi ai componentului solubil din aliajul tratat („clusters") avînd forma unor discuri cu diametrul ~80Å și grosimea 3...6 Å, cu o compoziție medie de 90% Cu. Zonele *GP* se formează uniform în matricea α, cu o densitate de $10^{18}$ zone/cm³, de obicei prin procese de germinare omogenă;

— precipitatele θ″ sînt faze metastabile ce se formează la durate mai lungi și/sau la temperaturi mai înalte de îmbătrînire. În cazul aliajelor Al—Cu ele reprezintă faze distincte, avînd rețea cristalină tetragonală (diferită de a compusului intermetalic stabil θ) și configurație platiformă (cu grosimea ~20Å și diametrul mediu ~300 Å) și pot fi evidențiate în structură numai prin microscopie electronică. Fazele θ″ germinează relativ uniform în matricea α și sînt legate prin interfețe coerente cu rețeaua matricei;

— precipitatele $\theta'$ sînt tot faze metastabile ce apar cînd duratele și/sau temperaturile de îmbătrînire sînt mai mult mărite. Au dimensiuni puțin mai mari de 1 000 Å și pot fi observate și la examinarea prin microscopie optică. Precipitatele $\theta'$ se formează prin germinare eterogenă pe anumite defecte existente în rețeaua matricei $\alpha$ (de exemplu, pe dislocațiile elicoidale) și sînt semicoerente cu rețeaua acesteia ;

— precipitatele $\theta$ sînt faze stabile (de echilibru) ce germinează eterogen pe limitele grăunților cristalini ai matricei $\alpha$, interfețele precipitat-matrice fiind necoerente.

În privința filiației diverselor tipuri de precipitate, datele experimentale actuale [16] pledează pentru formarea lor direct din matrice și nu din precipitatele precedente. În mod cert, la ridicarea temperaturii de îmbătrînire precipitatul specific temperaturii mai joase se dizolvă și din matrice se separă precipitatul corespunzător temperaturii mai înalte realizate ; fenomenul este utilizat practic sub forma procesului de reversiune care permite ca, prin supraîncălziri de scurtă durată (de ordinul zecilor de secunde), aliajele îmbătrînite să fie reduse la starea structurală de după călire (supraîncălzirea de durată scurtă asigură dizolvarea în matricea $\alpha$ a precipitatelor formate prin îmbătrînire, dar nu oferă timpul necesar formării precipitatelor specifice temperaturii de supraîncălzire).

Efectele arătate ale măririi temperaturii la îmbătrînire pot fi justificate și prin analiza termodinamicii fenomenelor de precipitare, analiză care indică existența unor limite ale solubilității matricei dependente de tipul precipitatului format, așa cum se arată în figura 9*a* [12]; solubilitatea matricei este maximă în prezența zonelor $GP$, scade în prezența precipitatelor metastabile $\theta''$ și $\theta'$ și este minimă în condițiile formării precipitatului stabil $\theta$ și, ca urmare, realizînd o supraîncălzire la îmbătrînire are loc mai întîi dizolvarea în matricea $\alpha$ a precipitatelor formate la temperatura inițială de îmbătrînire și apoi, dacă durata supraîncălzirii este suficientă, germinează în matrice precipitatele specifice temperaturii de supraîncălzire.

Prezentarea sintetică a formării precipitatelor în matricea $\alpha$ poate fi făcută cu ajutorul diagramelor cinetice timp-temperatură-transformare ($TTT$), ce au, în cazul aliajelor Al—Cu, configurația redată în figura 9*b*. Deși aceste diagrame sînt construite considerînd transformările la menținerea izotermă a soluției $\alpha$ obținute în urma încălzirii la călire și răcirii ei bruște (subrăcirii) la diferite temperaturi $t_i < t_{so}$, ele pot fi folosite și pentru analiza proceselor de precipitare la îmbătrînire. Astfel, considerînd pentru exemplificare cazul îmbătrînirii la o temperatură $t_{io} < t_{so}$ (fig. 9*b*), se observă că diversele tipuri de precipitate apar la durate de menținere diferite ($\tau_{GP}$ pentru zonele $GP$, $\tau_{\theta''} > \tau_{GP}$ pentru precipitatele $\theta''$, $\tau_{\theta'} > \tau_{\theta''}$ pentru precipitatele $\theta'$ și $\tau_{\theta} > \tau_{\theta'}$, pentru faza stabilă $\theta$), în intervalul de timp propriu fiecărui precipitat realizîndu-se procesele de dizolvare în matricea $\alpha$ a precipitatului anterior, de germinare a noului precipitat și de coalescență a acestuia (creșterea particulelor mai mari de precipitat pe seama particulelor mai mici, ca urmare a tendinței naturale a aliajului tratat de a-și micșora energia liberă a interfețelor dintre faze). În mod similar, cu ajutorul diagramelor $TTT$ se pot evidenția și efectele anterior menționate ale creșterii temperaturii de îmbătrînire asupra desfășurării proceselor de precipitare.

Modificările structurale produse prin îmbătrînire sînt însoțite de schimbări ale proprietăților aliajelor ce se manifestă prin creșteri ale caracteristicilor de rezistență mecanică (efect de durificare). Curbele de îmbătrînire, stabilite experimental pentru cîteva aliaje Al—Cu (fig. 10), arată că efectul de durificare este intens în cursul formării precipitatelor semicoerente (zonele $GP$ și precipitatele $\theta''$) și scade la

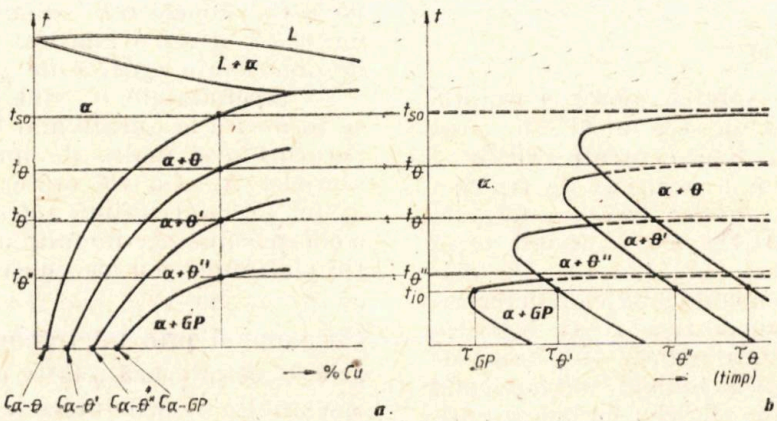



Fig. 9

apariţia precipitatelor semicoerente (θ′) şi necoerente (θ). A rezultat astfel că efectul de durificare este o consecinţă a interacţiunii dintre dislocaţiile matricei α şi precipitatele coerente, eficienţa acestui efect micşorîndu-se o dată cu

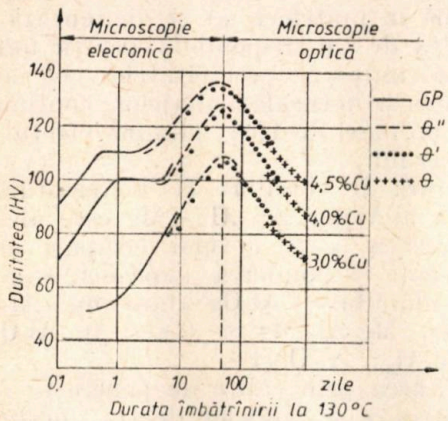



Fig. 10

distrugerea coerenţei precipitat-matrice. S-au imaginat trei mecanisme distincte pentru explicarea durificării aliajelor prin îmbătrînire [11; 18].

**A.** Durificarea prin tensiuni interne (mecanismul Mott-Nabarro) acţionează în stadiile iniţiale ale îmbătrînirii, cînd se formează precipitate coerente ce creează în matricea α distorsiuni elastice ale reţelei cristaline şi cîmpuri locale de tensiuni interne. Prezenţa cîmpurilor de tensiuni interne în jurul precipitatelor coerente constituie bariere pentru mişcarea dislocaţiilor şi determină curbări ale liniilor de dislocaţii care implică o creştere a tensiunilor de forfecare $\tau$ necesare deplasării acestora în lungul planelor de alunecare ale matricei α (efect de durificare). Cînd precipitatele coerente sînt fine şi dispersate la distanţe mici în matricea α (începutul îmbătrînirii), dislocaţiile sînt incapabile să se curbeze la razele mici necesare deplasării lor prin zonele matricei neafectate de cîmpurile locale de tensiuni interne din jurul precipitatelor şi liniile de dislocaţii devin rigide, menţinîndu-şi forma dreaptă (efect de durificare scăzut). Creşterea dimensiunii precipitatelor şi mărirea distanţei între ele (îmbătrînire mai avansată) determină curbarea accentuată a liniilor de dislocaţii (efect de durificare mărit).

**B.** Durificarea chimică acţionează, de asemenea, în stadiile primare ale îmbătrînirii. În aceste stadii (deşi se produc curbări ale liniilor de dislocaţii) nu este posibilă deplasarea dislocaţiilor numai prin zonele matricei α neinfluenţate de prezenţa precipitatelor coerente şi deformarea aliajelor îmbătrînite se realizează prin mişcarea dislocaţiilor în planele de alunecare, cu traversarea precipitatelor întîlnite. Procesele de forfecare a precipitatelor şi de deplasare relativă a fragmentelor de precipitat ce se produc în acest caz determină modificarea numărului de legături interatomice solvent-element dizolvat în zonele precipitatelor forfecate şi, în consecinţă, pentru restabilirea legăturilor iniţiale (regenerarea precipitatelor după trecerea dislocaţiilor) este necesar un consum suplimentar de lucru mecanic, ce impune o creştere a tensiunilor de forfecare necesare deformării plastice a aliajelor (efect de durificare). Modelele teoretice create pentru descrierea mecanismului durificării chimice [11] au condus la următoarea relaţie de dependenţă între incrementul (creşterea) tensiunilor de forfecare $\Delta\tau$ (impus de deplasarea dislocaţiilor prin forfecarea precipitatelor din planele de alunecare ale matricei α), dimensiunea precipitatelor $r$ şi fracţia în volum a precipitatelor $f$:

$$\Delta\tau = k_1 \cdot r^{1/2} \cdot f^{1/2}. \qquad (2)$$

**C.** Durificarea prin dispersie se produce în condiţiile în care precipitatele formate la îmbătrînire nu se deformează o dată cu matricea, ci sînt ocolite de dislocaţiile ce se deplasează în aceasta. În acest caz, precipitatele acţionează ca puncte de ancorare a dislocaţiilor mobile, obligîndu-le să se curbeze sub acţiunea tensiunilor de forfecare aplicate; deformarea plastică a aliajelor este posibilă dacă tensiunile de forfecare sînt capabile să curbeze liniile de dislocaţii pînă la crearea unor bucle în jurul precipitatelor întîlnite şi să deplaseze în lungul planelor de alunecare liniile de dislocaţii desprinse de aceste bucle (efect de durificare). Modelele teoretice ale durificării prin dispersie au condus la următoarea relaţie pentru incrementul $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = k_2 \cdot r^{-1} \cdot f^{1/2}. \qquad (3)$$

Procesul de durificare prin dispersie devine important în stadiile avansate ale îmbătrînirii, cînd sînt formate precipitate necoerente şi tensiunile interne din matricea α au dispărut.

Modul de acţiune al celor trei mecanisme de durificare descrise este prezentat sintetic în diagrama din figura 11. Aşa cum s-a arătat, durificarea prin tensiuni interne şi durificarea chimică (curba I) acţionează în stadiile iniţiale ale îmbătrînirii, cînd precipitatele au dimensiuni mici şi sînt coerente cu matricea (conform relaţiei (2) efectul de durificare creşte cu mărimea particulelor), iar durificarea prin dispersie (curba II) se manifestă cînd precipitatele au dimensiuni relativ mari şi sînt necoerente (conform relaţiei (3) efectul de durificare scade cu creşterea dimensiunii particulelor). În consecinţă, aliajele îmbătrînite urmează curba de durificare $I$ pînă în punctul $M$ (fig. 11), cînd ocolirea precipitatelor de către dislocaţii devine mai facilă decît forfecarea lor şi comportarea aliajelor trece pe curba II; comparînd diagra-

mele din figurile 10 și 11 rezultă că mecanismele de durificare prezentate prezic curbe teoretice de durificare în deplin acord cu configurația curbelor experimentale.

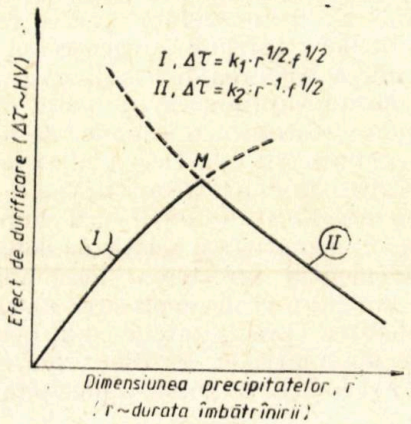



Fig. 11

*2. Clase de aliaje de aluminiu deformabile și durificabile structural prin tratamente termice*

Aliajele de aluminiu deformabile plastic și susceptibile de durificare structurală prin tratamente termice cu utilizare industrială au compoziție complexă, alierea aluminiului cu mai multe elemente fiind determinată de necesități privind îmbunătățirea prelucrabilității prin deformare plastică, anihilarea prin aliere a influențelor negative ale unor impurități greu de eliminat la elaborare, sporirea capacității de durificare prin călire și îmbătrînire, îmbunătățirea rezistenței la coroziune etc. Principalele clase de astfel de aliaje industriale cu caracteristici compatibile cu utilizarea lor la fabricarea prăjinilor de foraj sînt următoarele.

**A.** Aliajele Al—Cu—Mg, cu adaosuri de Mn (duraluminiuri) conțin, în mod obișnuit, 2...5% Cu; 0,2...2,4% Mg și 0,2...1,5% Mn și au ca impurități permanent prezente Fe și Si (cantitățile uzual acceptate ale fiecăruia din aceste elemente fiind de 0,5...0,6%). Proprietățile mecanice, tehnologice și de rezistență la coroziune ale aliajelor din această clasă sînt influențate de ponderea elementelor componente și de mărimea rapoartelor cantitative ale acestora:

- rezistența mecanică, plasticitatea și capacitatea de durificare prin tratamente termice sînt influențate substanțial de cantitățile de Cu și Mg și de raportul Cu/Mg; cea mai mare rezistență mecanică se poate obține la aliajele cu 4...5% Cu; 1...2 Mg și Cu/Mg = 1,3...2,7, în timp ce plasticitatea cea mai mare (dar rezistența mecanică cea mai scăzută) o au aliajele cu 4,0...4,5% Cu; 0,2...0,3% Mg și Cu/Mg = 18...19;
- prelucrabilitatea prin deformare plastică și rezistența la coroziune se înrăutățesc cînd conținuturile de Fe și Si (impurități) cresc, aceste influențe negative fiind diminuate dacă raportul Fe/Si este menținut la o valoare subunitară;
- capacitatea de durificare prin tratamente termice este diminuată la creșterea conținutului de Fe, deoarece fierul fixează o parte din cupru sub forma compusului $Al_7FeCu_2$ (fază insolubilă în matricea $\alpha$) și diminuează astfel cantitatea de Cu disponibilă pentru formarea la îmbătrînire a precipitatelor ce asigură durificarea structurală a aliajelor; conținuturile de Mg mai mari de 1,0% elimină efectul negativ al fierului.

Structura de echilibru la temperatură ambiantă a aliajelor Al—Cu—Mg este alcătuită din matricea $\alpha$ și deverși compuși definiți (cu prezența și ponderea dependente de compoziția aliajului): $Al_2Cu$ (faza $\theta$), $Al_6CuMg$ (faza $S$), $Mg_2Al_3$, $Mg_2Si$ (faza $\beta$), $Al_6CuMg_4$, $(Mn, Fe)Al_6$, $Al_7Cu_2Fe$.

Durificarea prin călire de punere în soluție și îmbătrînire a aliajelor de tip duraluminiu se realizează prin mecanismele prezentate în cazul aliajelor Al—Cu. La încălzirea în vederea călirii compușii intermetalici pe bază de Al, Cu, Mg ($\theta$, $S$, $\beta$ etc.) se dizolvă în matricea $\alpha$ în timp ce compușii conținînd Fe și Mn rămîn nedizolvați, menținîndu-se și în structura aliajelor călite (cu efecte negative asupra plasticității acestei structuri). În procesul de îmbătrînire se formează mai întîi zone *GP* (de forma unor bastonașe sau sfere), apoi precipitate metastabile semicoerente cu matricea ($\theta'$, $S'$, $\beta'$ etc.), iar în cazul unei îmbătriniri avansate — precipitate stabile ($\theta$, $S$, $\beta$ etc.).

**B.** Aliajele Al—Zn—Mg—Cu, cu adaosuri de Mn, Cr, Ti și Zr (zieral, alzimac), conțin, de regulă, 5...8% Zn; 2...3% Mg; 1...2% Cu, elementele de adaos menținîndu-se fiecare sub 0,2%, iar impuritățile prezente permanent fiind (ca și în cazul duraluminiurilor) Fe și Si (sub 0,4% fiecare).

Structura de echilibru (la temperatura ambiantă) a aliajelor din această clasă este similară celei a aliajelor tip duraluminiu, conținînd în plus compuși intermetalici cu Zn: $MgZn_2$ (faza $M$) și (în cazul aliajelor cu mai mult de 2% Mg) $Al_2Mg_3Zn_3$ (faza $T$).

În procesul de îmbătrînire al aliajelor de acest tip călite se formează în stadiile inițiale zone *GP*, iar în stadiile mai avansate — precipitate metastabile semicoerente cu matricea $\alpha$ ($M'$, $T'$ etc.) și apoi precipitate stabile necoerente ($M$, $T$ etc.).

Tratamentele termice și termomecanice ce se pot aplica pieselor din aliajele de aluminiu, aparținînd celor două clase prezentate anterior, sînt definite în tabelul 4 [15; 20]. Caracteristicile aliajelor sînt influențate substanțial de tratamentele termice sau termomecanice aplicate; ca urmare, piesele din astfel de aliaje au caracteristicile perfect definite dacă se precizează atît simbolul mărcii aliajului din care

*Tabelul 4*

| Simbol | Stare (tratament termic) | Definirea stării metalurgice |
|---|---|---|
| F | Stare brută | Starea unui produs brut, obținut prin deformare plastică la cald sau la rece, fără caracteristici mecanice precis definite |
| O | Recoacere | Starea unui produs ce a suferit un tratament termic (*TT*) care i-a conferit cea mai mică rezistență mecanică |
| H1 | Ecruisare | Starea unui produs întărit prin deformare plastică la rece pînă la un nivel dorit |
| H2x | Ecruisare + restaurare | Starea unui produs întărit prin deformare plastică la rece și înmuiat parțial printr-un *TT* de restaurare ($x = 2-1/4$ dur; $x = 4-1/2$ dur; $x = 6-3/4$ dur; $x = 8$ — dur; $x = 9$ — extradur) |
| T3 | Călire de punere în soluție + deformare plastică + îmbătrînire naturală | Starea unui produs care după călire de punere în soluție *C* a suferit o deformare plastică al cărei efect asupra durificării structurale este important |
| T351 | Călire de punere în soluție + alungire prin tracțiune + îmbătrînire naturală | Starea unui produs care după *C* este supus unei deformări plastice prin tracțiune controlată (pentru relaxarea tensiunilor interne) al cărei efect asupra durificării structurale este important |
| T4 | Călire de punere în soluție + îmbătrînire naturală | Starea unui produs care după *C* nu a suferit o deformare plastică sau a suferit o deformare plastică al cărei efect asupra durificării structurale este slab |
| T451 | Călire de punere în soluție + alungire prin tracțiune + îmbătrînire naturală | Starea unui produs care după *C* suferă o deformare plastică prin tracțiune controlată (pentru relaxarea tensiunilor interne) al cărei efect asupra durificării structurale este slab |
| T6 | Călire de punere în soluție + îmbătrînire artificială | Starea obținută aplicînd o îmbătrînire artificială unui produs aflat în starea T4 |
| T651 | Călire de punere în soluție + alungire prin tracțiune + îmbătrînire artificială | Starea obținută aplicînd o îmbătrînire artificială unui produs aflat în starea T451 |
| T7351 | Călire de punere în soluție + alungire prin tracțiune + supraîmbătrînire* | Starea obținută aplicînd unui produs aflat în starea T351 sau T451 o supraîmbătrînire în vederea creșterii rezistenței la fisurare corosivă sub tensiune |
| T73651 | Călire de punere în soluție + alungire prin tracțiune + supraîmbătrînire* | Starea obținută aplicînd unui produs aflat în starea T351 sau T451 o supraîmbătrînire în vederea obținerii celui mai bun compromis între diferitele caracteristici de utilizare |
| T8 | Călire de punere în soluție + deformare plastică + îmbătrînire artificială | Starea obținută aplicînd o îmbătrînire artificială unui produs aflat în starea T3 |
| T851 | Călire de punere în soluție + alungire prin tracțiune + îmbătrînire artificială | Starea obținută aplicînd o îmbătrînire artificială unui produs aflat în starea T351 |

* îmbătrînire artificială la temperaturi și/sau durate mai mari în vederea realizării (la un anumit nivel) a proceselor de coalescență a precipitatelor

se confecționează, cît și simbolul stării metalurgice obținute prin tratamentele termice sau termomecanice aplicate.

*3. Tipuri de aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj și caracteristicile lor mecanice*

Practica utilizării prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu a evidențiat că, dintre aliajele ce se încadrează în clasele anterior prezentate, cele mai recomandate la confecționarea țevilor extrudate pentru prăjini aparțin următoarelor trei tipuri:

— aliaje tip 2024 (din clasa Al—Cu—Mg); prăjini de foraj din astfel de aliaje se realizează în U.R.S.S. [7; 21];

—aliaje tip 2014 (din clasa Al—Cu—Mg, avînd însă conținuturi de Si mai mari ca cele caracteristice acestei clase); firmele Reynolds Aluminium (S.U.A.) și Cegedur (Franța) fabrică prăjini de foraj din aliaje de acest tip [8];

*Tabelul 5*

| Tip | Mărci | Compoziție chimică, % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cu | Mg | Zn | Mn | Si | Fe | Alte elemente |
| 2024 | 2024<br>ASTM B221 (S.U.A.) | 3,8—4,9 | 1,2—1,8 | max.0,25 | 0,3—0,9 | max.0,5 | max. 0,5 | max. 0,15 Ti ;max.0,1Cr ;<br>max. 0,15 alte impurități |
| | D16<br>GOST 4784 (U.R.S.S.) | 3,8—4,9 | 1,2—1,8 | max.0,30 | 0,3—0,9 | max. 0,5 | max. 0,5 | max. 0,10 Ti ; max. 0,1Ni ;<br>max. 0,10 alte impurități |
| | AlCu4Mgl,5Mn<br>STAS 7608—88(R.S.R.) | 3,8—4,9 | 1,2—1,8 | max.0,25 | 0,3—0,9 | max. 0,5 | max. 0,5 | max. 0,15 Ti ; max. 0,1Cr ;<br>max. 0,1Ni ;max. 0,15a.im. |
| | aliaj pèntru prăjini prototip (R.S.R.) | 4,24 | 1,40 | 0,16 | 0,60 | 0,27 | 0,30 | 0,042 Ti |
| 2014 | 2014<br>A STM B221 (S.U.A.) | 3,9—5,0 | 0,2—0,8 | max.0,25 | 0,4—1,2 | 0,5—1,2 | max. 0,7 | max. 0,15 Ti ; max. 0,1Cr ;<br>max.0,15 alte impurități |
| | AK8<br>GOST 4784 (U.R.S.S.) | 3,9—4,8 | 0,4—0,8 | max.0,30 | 0,4—1,0 | 0,6—1,2 | max. 0,7 | max.0,10 Ti ; max.0,1Ni ;<br>max.0,10 alte impurități |
| | AlCu4MgMnSi<br>STAS 7608—88(R.S.R.) | 3,5—4,5 | 0,5—1,0 | max.0,25 | 0,3—0,8 | 0,3—0,8 | max. 0,5 | max. 0,2 Zr |
| | aliaj pentru prăjini prototip (R.S.R.) | 4,40 | 0,56 | 0,15 | 0,75 | 0,67 | 0,48 | 0,054 Ti |
| 7075 | 7075<br>ASTM B221 (S.U.A.) | 1,2—2,0 | 2,1—2,9 | 5,1—6,1 | max. 0,3 | max. 0,5 | max. 0,7 | 0,18—0,4 Cr ; max.0,2Ti ;<br>max.0,15 alte impurități |
| | V95<br>GOST 4784 (U.R.S.S.) | 1,4—2,0 | 1,8—2,8 | 5,0—7,0 | 0,2—0,6 | max. 0,5 | max. 0,5 | max.0,1 Ni ; 0,1—0,25Cr ;<br>max. 0,10 alte impurități |
| | AlZn6Mg2,5Cu1,5<br>STAS 7608—88(R.S.R.) | 1,0—2,0 | 2,0—3,0 | 5,0—7,0 | 0,1—0,3 | max. 0,4 | max. 0,4 | 0,05—0,15Ti ; 0,1—0,2Cr ;<br>max. 0,15 alte impurități |

Obs. Elementele la care sînt indicate numai conținuturile max. se consideră impurități ; elementele ce se încadrează a „alte impurități" au conținuturile limitate la max. 0,05% fiecare

*Tabelul 6*

| Produsul | Stări de utilizare pentru aliaje tip : | | |
|---|---|---|---|
| | 2024 | 2014 | 7075 |
| Table și platbande laminate | 0 ;T3 ;T351 ;<br>T4 ;T8 ;T851 | 0 ;T3 ;T4 ;<br>T451 ;T6 ;<br>T651 | F ;0 ;T6 ;T651 |
| Țevi trase | 0 ;T3 | 0 ;T4 ;T6 | — |
| Țevi extrudate | 0 ;T3 ;T351 ;<br>T851 | 0 ;T4 ;T451 ;<br>T6 ;T651 | F ;0 ;T6 ;T651 ;<br>T7351 |
| Bare, profile și sîrme laminate și trase | 0 ;H1 ;T351 ;<br>T4 ;T6 ;T851 | 0 ;T4 ;T451 ;<br>T6 ;T651 | 0 ;T6 ;T651 ;<br>T7351 |
| Bare și profile extrudate | 0 ;T3 ;T351 ;<br>T8 ;T851 | 0 ;T4 ;T451 ;<br>T6 ;T651 | F ;0 ;T6 ;<br>T651 ; T7351 |
| Piese forjate | — | T4 ;T6 ;T652* | T6 ;T652* ;<br>T7352* |
| Nituri | T4 | — | 0 ;H1 ;H22 |

* T652, T7352 se obțin la fel ca T651, respectiv T7351, dar deformarea plastică controlată se realizează prin comprimare

— aliaje tip 7075 (din clasa Al—Zn—Mg—Cu) ; prăjini de foraj din astfel de aliaje sînt fabricate în U.R.S.S. [21], S.U.A. (firma Alcoa) [22].

Compozițiile chimice ale diverselor mărci de aliaje de aluminiu ce corespund acestor tipuri sînt prezentate în tabelul 5 (se poate remarca buna concordanță a compozițiilor mărcilor aparținînd fiecăruia din cele trei tipuri de aliaje de aluminiu industriale).

Stările metalurgice de utilizare a diferitelor produse realizate din cele trei tipuri de aliaje considerate sînt redate în tabelul 6 [23]. În cazul țevilor extrudate, cu caracteristici dimensionale la nivelul celor prevăzute pentru prăjinile de foraj (vezi tab. 1—3), stările metalurgice precizate în tabelul 6 asigură aliajelor de aluminiu aparținînd celor trei tipuri luate în discuție caracteristicile mecanice la tracțiune (la temperatura ambiantă) prezentate în tabelul 7 [23].

Comparînd datele din tabelul 7 cu caracteristicile mecanice la tracțiune redate în tabelul 8, ce trebuie asigurate (conform indicațiilor din diferite standarde și normative) de țevile extrudate din aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj, se poate stabili că în cazul țevilor

*Tabelul 7*

| Tip aliaj | Stare | Caracteristici mecanice la tracțiune | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $R_m$, N/mm² | $R_{p0,2}$, N/mm² | Alungirea min., % | |
| | | | | $A_4(\varepsilon_{2in})$ | $A_5^*$ |
| 2024 | 0 | max. 246 | max. 134 | 12 | 14 |
| | T351 | min. 422 | min. 309 | 10 | 12 |
| | T851 | min. 464 | min. 408 | 5 | 6 |
| 2014 | T451 | min. 352 | min. 246 | 12 | 14 |
| | T651 | min. 422 | min. 373 | 7 | 8 |
| 7075 | 0 | max. 281 | max. 169 | 10 | 12 |
| | T651 | min. 548 | min. 492 | 7 | 8 |
| | T7351 | min. 475 | min. 418 | 7 | 8 |

* valori informative

extrudate din aliaje tip 2024 stările metalurgice de utilizare recomandate sînt T351 și T851, în cazul țevilor din aliaje tip 2014 se recomandă starea T651, iar pentru țevile extrudate din aliaje tip 7075 stările de utilizare corespunzătoare sînt T651 sau T7351 (dacă țevile trebuie să aibă caracteristici garantate privind rezistența la coroziune).

Deoarece, așa cum s-a arătat anterior, tratamentele de durificare aplicate aliajelor de aluminiu nu conduc la stări structurale de echilibru stabil, menținerile ulterioare ale acestor aliaje la temperaturi ridicate pot produce modificări în structură cu efecte substanțiale asupra caracteristicilor mecanice. În cazul celor trei tipuri de aliaje de aluminiu folosite la realizarea țevilor extrudate pentru prăjini de foraj caracteristicile mecanice la tracțiune corespunzătoare stărilor de utilizare indicate mai înainte sînt degradate substanțial prin încălziri la temperaturi mai mari de 150°C. Pentru ilustrarea acestui aspect, în figura 12 se prezintă dia-

*Tabelul 8*

| Standard, normativ | Aliajul indicat | Caracteristici mecanice min. ale țevilor extrudate pentru prăjini de foraj | | | Starea met. ce asigură caracteristicile mec. impuse |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $R_m$, N/mm² | $R_{p0,2}$, N/mm² | $A_5$, % | |
| GOST 23786 (U.R.S.S.) | D16T(2024)* | 392(392) | 255(294) | 12(12) | T351 |
| | D16T(2024)** | 421(421) | 274(294) | 10(10) | T351(T851) |
| Reynolds Al. (S.U.A.) | 2014 | 450 | 408 | 8 | T651 |
| Cegedur (Franța) | 2014 | 450 | 400 | 7 | T651 |
| Alcos (S.U.A.) | 7075 | 560 | 500 | 8 | T651 |
| ISO 5226 (Normă internațională) | Grupa I | 530 | 460 | 8 | 7075—T651 |
| | Grupa II | 345 | 275 | 10 | 2024—T351*** |
| | Grupa III | 390 | 295 | 12 | 2024—T351 |

* prăjini cu $D < 120$ mm; ** prăjini cu $D > 120$ mm; caracteristicile neincluse în paranteze sînt pentru prăjini cu rezistență normală, iar cele din paranteze — pentru prăjini cu rezistență ridicată (PP); *** cu condiția asigurării unei viteze maxime de coroziune în soluții 3,5% NaCl de 1,21g/m²·zi

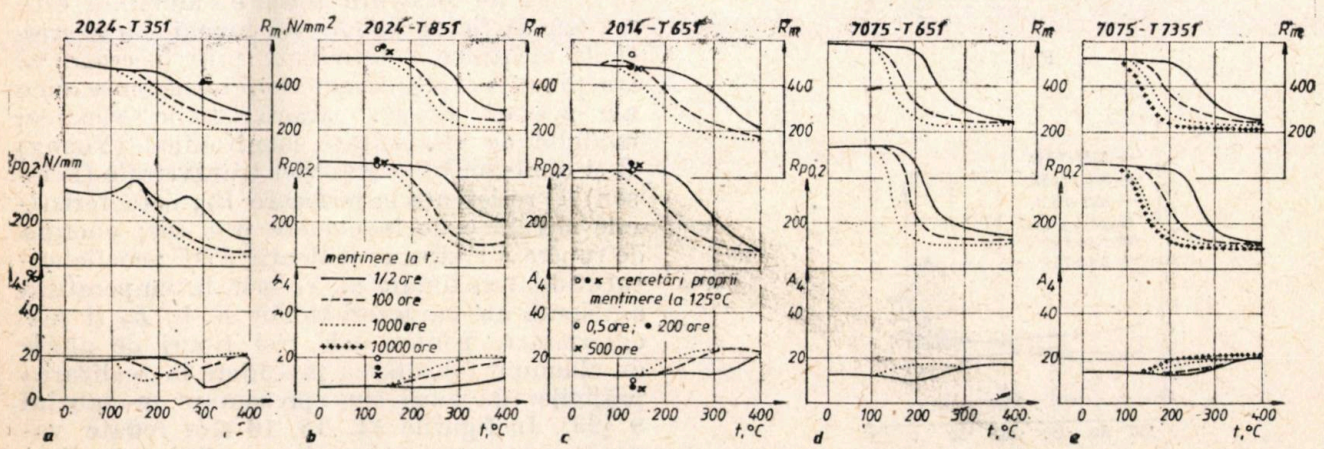



Fig. 12

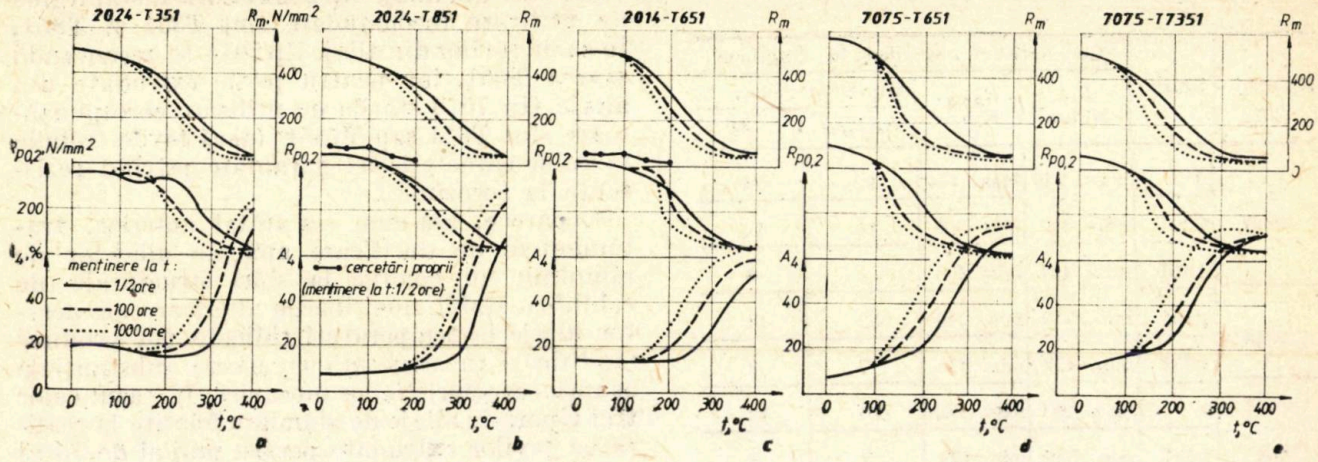



Fig. 13

*Tabelul 9*

| Tip aliaj | Stare | $E$,N/mm² | $\mu$, | $R_f$,N/mm² | $KV$,J |
|---|---|---|---|---|---|
| 2024 | T351 | $7,5 \cdot 10^4$ | 0,33 | 290 | 7,0 |
| | T851 | | | 305 | — |
| 2014 | T651 | $7,3 \cdot 10^4$ | 0,33 | 310 | 4,5 |
| 7075 | T651 | $7,3 \cdot 10^4$ | 0,33 | 315 | 8,0 |
| | T7351 | | | 275 | — |

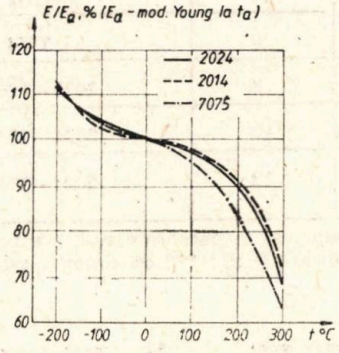



Fig. 14

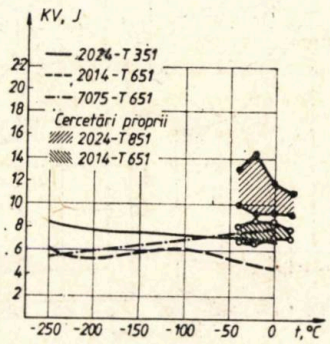



Fig. 15

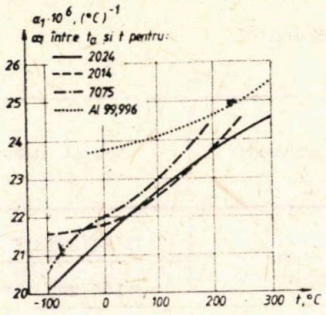



Fig. 16

gramele caracteristicilor mecanice la tracțiune determinate la temperatura ambiantă după menținerea acestor aliaje, diferite durate, la temperaturi ridicate (sub 400°C), iar în figura 13 — diagramele caracteristicilor mecanice la tracțiune determinate prin încercări la temperaturi ridicate (sub 400°C) după diferite durate de menținere a aliajelor la temperaturile de încercare [23; 24].

La proiectarea, fabricarea și exploatarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu este necesar să fie cunoscute nu numai caracteristicile mecanice determinate prin încercări la tracțiune, ci și alte caracteristici fizico-mecanice ale acestor aliaje: caracteristicile elastice; modulul de elasticitate longitudinal (Young) $E$ și coeficientul contracției transversale (Poisson) $\mu$; rezistența la forfecare $R_f$; caracteristicile mecanice de încovoiere prin șoc; energia de rupere $KV$ și/sau reziliența $KCU$; coeficientul de dilatare liniară $\alpha_1$. Valorile la temperatura ambiantă ale caracteristicilor $E$, $\mu$, $R_f$ și $KV$ determinate pentru cele trei tipuri de aliaje de aluminiu folosite cu precădere la realizarea prăjinilor de foraj sînt prezentate în tabelul 9 [23]. În figurile 14, 15, 16 sînt redate variațiile cu temperatura ale modulului de elasticitate $E$, energiei de rupere $KV$ și, respectiv,

coeficientului de dilatare liniară $\alpha_l$ [20; 23]. Trebuie remarcat aspectul diagramelor $KV = f(t)$ din figura 15, care arată că aliajele de aluminiu luate în discuție, deși se caracterizează prin nivele reduse ale energiei de rupere, nu prezintă variații cu temperatura ale acestei caracteristici care să evidențieze existența unor temperaturi de tranziție ductil-fragil; această comportare poate fi pusă în legătură cu structura aliajelor analizate : matricea $\alpha$ având rețea cristalină *CFC* determină lipsa tranziției ductil-fragil, iar prezența în matrice a precipitatelor cu efect de durificare obținute la îmbătrînire este cauza înregistrării unor valori relativ scăzute ale energiei de rupere.

*4. Aliajele de aluminiu folosite în țara noastră pentru fabricarea unor prăjini de foraj prototip*

Pe baza analizei detaliate a caracteristicilor principalelor tipuri de aliaje de aluminiu utilizate pe plan mondial la confecționarea prăjinilor de foraj s-a hotărît ca la realizarea în țara noastră (după soluția constructivă prezentată sintetic în cap. II.4) a unor prăjini de foraj prototip să se folosească aliajele de aluminiu tip 2024 și 2014 (echivalente românești, conform STAS 7608—88, AlCu4Mg 1,5Mn și, respectiv, AlCu4MgMnSi).

Compozițiile chimice ale aliajelor de aluminiu utilizate la fabricarea în țara noastră a primului lot de țevi extrudate pentru prăjini de foraj sînt date în tabelul 5; așa cum se poate ușor observa, aceste compoziții corespund complet caracteristicilor de compoziție chimică impuse în diverse standarde pentru aliajele tip 2024 și 2014. Țevile din acest lot, realizate din aliaj tip 2024, au fost supuse unui tratament constînd din : călire de punere în soluție (încălzire în cuptor vertical la 495$\pm$ 5°C, menținere 30...40 min. și răcire în apă la 40°C), alungire 2% prin tracțiune controlată și îmbătrînire artificială (încălzire la 190$\pm$5°C, menținere 12 ore și răcire în aer), starea metalurgică realizată astfel fiind T851. Țevilor prototip realizate din aliaj tip 2014 li s-a aplicat un tratament similar : călire de punere în soluție (încălzire în cuptor vertical la 500$\pm$5°C, menținere 30...40 min. și răcire în apă la 40°C), alungire 2% prin tracțiune controlată și îmbătrînire artificială (încălzire la 160$\pm$5°C, menținere 18 ore și răcire în aer), starea metalurgică conferită prin acest tratament fiind T651.

Din țevile extrudate pentru prăjini de foraj aparținînd primului lot fabricat în țara noastră au fost debitate tronsoane cu lungimea 800... 1 200 mm (atît de la capete, cît și din zona de mijloc) din care s-au prelevat eșantioane pentru cercetarea macro și microstructurii și epruvetele necesare realizării unui program complex de verificări privind caracteristicile mecanice.

Cercetările privind macrostructura aliajelor de aluminiu, folosite la realizarea țevilor extrudate pentru prăjini de foraj, executate pe probe șlefuite, lustruite și atacate cu un reactiv avînd compoziția : 15% acid sulfuric ($d$ = 1,83); 10% acid fluorhidric 40% ($d$ = 1,13) și 75% apă (proporții volumetrice), au evidențiat un aspect corect al acesteia, fără crăpături, incluziuni, segregații grosiere sau structuri bazaltice.

Analiza microstructurii aliajelor, executată pe probe șlefuite, lustruite și atacate cu reactivul Keller (2,5 ml acid azotic ($d$ = 1,38); 1,5 ml acid clorhidric ($d$ = 1,19); 1,0 ml acid fluorhidric 40% ($d$ = 1,13) și 95,0 ml apă distilată [20]) a evidențiat structurile tipice ale stărilor metalurgice conferite prin tratamentele aplicate, alcătuite din precipitate uniform distribuite într-o matrice de soluție solidă.

Programul de verificări privind caracteristicile mecanice ale aliajelor de aluminiu utilizate la noi în țară la realizarea unor prăjini de foraj prototip a avut următorul conținut.

**A.** Încercări la tracțiune (la temperatura ambiantă). Încercările s-au efectuat după metodologia prescrisă în STAS 200-75 și STAS 10290-76, folosind epruvete rotunde (cu $d_0$ = 8 $\pm$ 0,75 mm și $L_0$ = 40 $\pm$ 0,5 mm) prelevate din peretele țevilor, cu axele longitudinale pe direcția de extrudare. Caracteristicile mecanice determinate (modulul de elasticitate $E$, limita de curgere convențională $R_{p0,2}$, rezistența la rupere $R_m$ și alungirea la rupere $A_5$) sînt prezentate în tabelul 10; comparînd rezultatele date în tabelul 10 cu valorile de referință din tabelele 7—9 se constată că aliajele de aluminiu utilizate în țara noastră pentru confecționarea prăjinilor de foraj respectă criteriile de rezistență mecanică la tracțiune prevăzute în principalele standarde și normative existente pe plan mondial.

**B.** Încercări pentru evidențierea efectelor creșterii temperaturii (peste temperatura ambiantă) asupra caracteristicilor mecanice la tracțiune. O primă categorie de încercări realizată a vizat determinarea variației limitei de curgere a aliajelor de aluminiu folosite la confecționarea prăjinilor de foraj prototip în funcție de temperatură. Metodologia de executare a încercărilor a fost cea recomandată în STAS 6638-80, valorile limitei de curgere stabilite la diferite temperaturi (50°C; 100°C; 150°C și 200°C) fiind diagrafiate în figura 13 *b*, *c*. Analizînd comparativ rezultatele determinărilor efectuate cu cele obținute prin încercările la tracțiune la temperatura ambiantă se poate aprecia că ambele aliaje studiate nu-și degradează sensibil caracteristicile mecanice la tracțiune prin încălziri (de scurtă durată) la temperaturi sub 200°C.

O altă categorie de încercări a constat în determinarea caracteristicilor mecanice la trac-

*Tabelul 10*

| Caracteristici mecanice | Condiții de determinare | Aliaj 2024—T851 | | | Aliaj 2014—T651 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | valorile caracteristicilor | | | | | |
| | | min. | med. | max. | med. | med. | max. |
| $R_m$, N/mm² | $t = 20°C$ | 493 | 525 | 557 | 490 | 538 | 574 |
| | $t = 20°C$* | 531 | 538 | 545 | 537 | 543 | 549 |
| | $t = 20°C$** | 557 | 560 | 568 | 479 | 480 | 487 |
| | $t = 20°C$*** | 549 | 550 | 554 | 479 | 480 | 481 |
| $R_{p\,0,2}$, N/mm² | $t = 20°C$ | 432 | 443 | 451 | 430 | 443 | 465 |
| | $t = 20°C$* | 432 | 440 | 449 | 433 | 433 | 433 |
| | $t = 20°C$** | 445 | 461 | 487 | 434 | 435 | 438 |
| | $t = 20°C$*** | 450 | 450 | 450 | 439 | 441 | 445 |
| | $t = 50°C$ | 427 | 434 | 442 | 417 | 422 | 428 |
| | $t = 100°C$ | 432 | 435 | 438 | 418 | 423 | 428 |
| | $t = 150°C$ | 422 | 427 | 432 | 418 | 418 | 418 |
| | $t = 200°C$ | 411 | 412 | 413 | 408 | 408 | 408 |
| $A_5$, % | $t = 20°C$ | 8,5 | 11,5 | 13,0 | 9,0 | 10,0 | 11,5 |
| | $t = 20°C$ * | 12,0 | 12,5 | 12,5 | 9,0 | 10,5 | 11,5 |
| | $t = 20°C$ ** | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| | $t = 20°C$ *** | 11,5 | 12,5 | 13,0 | 6,0 | 7,0 | 7,5 |
| $E$, N/mm² | $t = 20°C$ | 74 100 | 75 400 | 76 900 | 70 800 | 72 800 | 74 800 |
| $R_f$, N/mm² | $t = 20°C$ | 295 | 300 | 305 | 271 | 277 | 281 |
| $KV$, J | $t = 20°C$ | 9,3 | 10,3 | 11,0 | 7,0 | 7,3 | 7,8 |
| | $t = 0°C$ | 9,5 | 10,5 | 12,0 | 7,0 | 8,0 | 8,5 |
| | $t = -20°C$ | 9,5 | 11,8 | 14,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 |
| | $t = -40°C$ | 10,0 | 11,0 | 13,0 | 7,0 | 7,5 | 8,0 |
| $r_a = H_a/D$ | $t = 20°C$ | 0,90 | 0,90 | 0,91 | 0,90 | 0,91 | 0,93 |

* după menținere 0,5 ore la 125°C; ** după menținere 200 ore la 125°C; *** după menținere 500 ore la 125°C

țiune la temperatura ambiantă după menținerea epruvetelor diferite durate (0,5 ore; 200 ore și 500 ore) la temperatura de 125 ± 5°C. Încercările (executate după metodologia din STAS 200-75) au condus la rezultatele prezentate în figura 12 *b*, *c*. Rezultatele acestor încercări, ca și cele corespunzătoare determinărilor executate de alți cercetători (fig. 12), evidențiază că menținerile la temperaturi sub 150°C nu deteriorează inadmisibil caracteristicile mecanice la tracțiune ale aliajelor studiate.

**C.** Încercările la forfecare (la temperatura ambiantă) s-au efectuat în conformitate cu prescripțiile din STAS 7927-67, folosind epruvete rotunde cu crestătură transversală (cu diametrul $d_0 = 12 \pm 0{,}05$ mm, unghiul crestăturii 90° și diametrul la vîrful crestăturii $d_c = 6 \pm 0{,}05$ mm) prelevate în același mod ca și epruvetele de tracțiune. Valorile rezistențelor la forfecare $R_f$, determinate prin aceste încercări, sînt redate în tabelul 10; analiza rezultatelor încercărilor la forfecare prin comparație cu valorile de referință din tabelul 9 conduce la concluzia că ambele aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj produse la noi în țară au rezistențele la forfecare la nivelul aliajelor de aluminiu utilizate în scopuri similare pe plan mondial.

**D.** Încercările de încovoiere prin șoc s-au efectuat pe epruvete cu crestătură în V (Charpy), aplicînd metodologia din STAS 7511-80 și STAS 6833-79. Valorile energiei de rupere $KV$ determinate la diferite temperaturi (+20°C; 0°C; −20°C; −40°C) sînt prezen-

tate în figura 15; așa cum se vede în figura 15, diagramele $KV = f(t)$, stabilite experimental pentru aliajele de aluminiu de fabricație românească, se situează deasupra diagramelor trasate de alți cercetători pentru aliaje similare și deci se poate aprecia că aliajele studiate au caracteristicile de tenacitate la nivelul tipurilor similare de aliaje produse pe plan mondial.

**E.** Încercările de aplatisare s-au efectuat pe epruvete inelare obținute direct din țevile extrudate prin două secționări transversale la distanța de 40 mm. Fiecare epruvetă a fost aplatisată între două plăci plane și paralele pînă la fisurare; caracteristica determinată a fost raportul $r_a = H_a/D$, $H_a$ fiind distanța dintre plăcile de apăsare măsurată (sub sarcină) în momentul fisurării, iar $D$ diametrul exterior al epruvetei. Rezultatele acestor încercări sînt prezentate în tabelul 10; criteriul $r_a \leqslant 0{,}75$, recomandat în normativul [6] nu este îndeplinit de țevile extrudate din aliajele analizate. Deoarece literatura de specialitate nu furnizează date privind caracteristicile de aplatisare obținute prin alte încercări efectuate pe țevi din aliaje de aluminiu similare celor fabricate în țara noastră și nu dă indicații privind importanța caracteristicilor de aplatisare în aprecierea calității țevilor extrudate pentru prăjini de foraj, nu se poate preciza semnificația exactă a rezultatelor încercărilor de aplatisare efectuate, această problemă rămînînd să fie elucidată prin cercetări viitoare.

Analizînd în ansamblu rezultatele obținute prin încercările ce au făcut obiectul programului de cercetări experimentale realizat se poate trage concluzia că aliajele de aluminiu utilizate în țara noastră pentru executarea unor prăjini de foraj prototip au caracteristicile mecanice corespunzătoare la nivelul celor asigurate de aliajele de aluminiu utilizate pe plan mondial în scopuri similare.

**Bibliografie**


[11] Gâdea, S., Petrescu, M. *Metalurgie fizică și studiul metalelor.* Vol. III. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1981.

[12] Geru, N. *Metalurgie fizică.* Ed. Didactică și Pedagogică, București 1981.

[13] Protopopescu, H. *Metalografie și tratamente termice.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1983.

[14] Gâdea S., Protopopescu, M. *Aliaje neferoase.* Ed. Tehnică, București, 1965.

[15] Iliescu, V. *Tehnologii curente în construcția de avioane și elicoptere.* Ed. „Scrisul românesc", Craiova, 1985.

[16] Lakhtine, I. *Métallographie et traitements thermiques des métaux.* Ed. MIR, Moscou, 1978.

[17] * * * *The heat-treatment and annealling of aluminium and its alloys.* The aluminium development association, London, 1961.

[18] Graf, R. *Contribution à l'étude des phénomènes de durcissement dans l'alliage Aluminium-Cuivre.* Publications scientifiques et techniques du Ministère de L'Air, Paris, nr. 315, 1966.

[19] Renouard, M. *Intérêt des diagrammes temps-température-propriètes pour les traitements thermiques des alliages légers.* Memoires Scientifiques de Révue Metallurgique, nr. 5, 1959.

[20] * * * *Conditions de controle des produits laminés en alliages d'aluminium utilisé dans les constructions aérospatiales.* Norme Air 9048, Decembrie, 1978.

[21] Stamburg, V. F. ș. a. *Burilnie trubi iz aliuminierih splavov.* Nedra, Moskva, 1980.

[22] Jakson, L. B. *Aluminium drill pipe news from ALCOA.* The oil and gas journal, August, 26, 1963.

[23] * * * *Aerospace structural metals handbook.* Battelle Columbus Laboratories, 1985.

[24] Mantel, Ch. L. *Engineering materials handbook.* Section G, Aluminium base materials, McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

[25] Frassard, M., Lammotte, J. P., *Tiges de forage en alliage d'aluminium.* Technologie du Petrol, nr. 219, 1964.

[26] Shiring, C. G., Wanderer, E. T. *The case of aluminium in drilling.* Oil and Gas Journal, Oct., 21, 1963.

[27] Bore, E. G., Dirymple, R. S. *The design and performance characteristics of aluminium drill pipe.* Journal of Petr. Techn., Dec., 1963.

[28] Daneliant, S. M. *Opit ekspluatații burilnih trub iz aliuminievih splavov LBT v obiedinenii kuibișevneft.* Mașini i Neft. Oborud., nr. 12, 1976.


# Intervenția sub presiune la sondele în erupție naturală


Ing. **V. Rădulescu**
Centrul de Inginerie Tehnologică și Proiectare pentru Industria de Utilaj Greu București


## I. Introducere

Intervenția la sondele eruptive sau semieruptive, pentru efectuarea unor lucrări de completări, recompletări și de reparații, se face, în mod obișnuit, prin metoda de contrabalansare a presiunii zăcămîntului, utilizînd presiunea hidrostatică dată de un lichid cu o anumită greutate specifică, introdus în gaura de sondă. Greutatea specifică a acestui lichid se alege funcție de presiunea zăcămîntului.

Intervenția la sonde, în aceste condiții, se face cu gura sondei în comunicație cu atmosfera, urmărindu-se permanent nivelul coloanei de lichid din sondă și greutatea specifică a acestuia.

Metoda aceasta de contrabalansare a presiunii zăcămîntului, în vederea intervenției la sondă, este cunoscută sub denumirea de „omorîre a sondei".

Metoda aplicată unor sonde cu straturi epuizate sau cu o compoziţie litologică sensibilă la contactul cu fluide străine (marne, straturi neomogene) duce, în marea majoritate a cazurilor, la scăderea potenţialului productiv prin efectul de blocare a acestor strate.

Riscul ca o serie de sonde să fie scoase din circuitul productiv, în sensul că zăcămîntul la repunerea în producţie nu „porneşte", face ca această metodă, aplicată curent, să fie, considerată depăşită, comparativ cu stadiul tehnic şi tehnologic al perioadei în care ne aflăm.

Costurile unei asemenea intervenţii sînt destul de ridicate, ţinînd seama de valoarea componentelor fluidului de „omorîre" introdus în sondă.

Suprafaţa ocupată în jurul sondei de utilajele care participă la operaţia de „omorîre" şi a instalaţiei de intervenţie la sondă (instalaţiile din seria P şi F) este mare, lucru care dă naştere la complicaţii în cazul exploatării zăcămintelor aflate pe platformele continentale ale mărilor şi oceanelor. Suprafeţele disponibile pe platformele marine de exploatare sînt în general foarte reduse.

„Omorîrea sondelor" poate fi considerată ca o metodă atehnică de intervenţie la sonde.

Metoda care îşi face din ce în ce mai mult loc este aceea în care manevra pe verticală sau de rotire a garniturii de material tubular, în vederea realizării unor operaţii, se face cu păstrarea presiunii sondei.

Legătura dintre spaţiul sondei şi atmosferă este permanent întreruptă, manevrele menţionate se pot realiza prin asigurarea unei etanşeităţi corespunzătoare, etanşeitate aflată sub un riguros control, ceea ce trebuie să excludă orice manevră greşită cu consecinţe nedorite (scăparea sondei, poluarea mediului, accidente tehnice şi umane).

Realizarea forţelor şi momentelor necesare manevrelor garniturii de material tubular, precum şi acţionarea altor echipamente care concură la intervenţie duc la utilizarea unor transmisii de altă natură decît cele mecanice, deci la un tip nou de instalaţie de intervenţie, total diferită de instalaţia clasică utilizată în prezent.

Avantajele principale ale unei instalaţii care permite intervenţia sub presiune sînt:

— eliminarea pericolului de a deteriora stratele productive sensibile;

— sonda, în unele cazuri de intervenţie, poate să rămînă în producţie în timpul intervenţiei;

— permite intervenţia pe locaţii izolate cu spaţiu restrîns în jurul sondei sau pe platformele marine;

— subansamblele care compun o instalaţie de intervenţie sub presiune formează un echipament flexibil, în ceea ce priveşte multitudinea de combinaţii legate de caracteristicile sondei.

Se pot introduce şi extrage în şi din sondă scule cu dimensiuni mari, la adîncimi şi presiuni medii ale acesteia.

Sistemul rotativ ataşat acestor instalaţii permite executarea unor foraje uşoare (dopuri de nisip, de ciment etc.).

Practic se pot realiza sub presiune aproape toate operaţiile ce se realizează cu instalaţiile convenţionale de intervenţie, în anumite situaţii, comparaţia din punct de vedere economic fiind net defavorabilă acestora din urmă.

## II. Componenţa generală a instalaţiilor de intervenţie sub presiune

Instalaţiile de manevrat sub presiune trebuie să aibă în componenţa lor ansamble şi subansamble care să permită realizarea în deplină siguranţă a operaţiilor tehnologice cerute de procesul de intervenţie.

Pentru descrierea generală a unei instalaţii de manevrat sub presiune se va folosi tipul cel mai reprezentativ, şi anume instalaţia de manevrat garnitura de material tubular cu patru cilindri hidraulici de manevră (fig. 1). Aceasta este prezentată în stare montată (poziţie verticală) la gura sondei.

*Subansamblele* care formează *sistemul de etanşare a spaţiului sondei* faţă de mediul ambiant sînt următoarele.

Prevenitoarele de siguranţă: un prevenitor cu închidere totală *1* (pentru etanşarea spaţiului sondei atunci cînd în axa sondei nu există garnitura de material tubular), al doilea prevenitor *2* cu închidere pe diametrul exterior al garniturii de material tubular (cînd aceasta se găseşte în axa sondei).

La manevra pe verticală a garniturii de material tubular, cînd aceasta se găseşte în axa sondei, bacurile ambelor prevenitoare sînt deschise.

Ele sînt închise pe rînd funcţie de situaţie atunci cînd instalaţia de manevrat sub presiune este oprită pentru remedieri sau la schimbarea elementelor de etanşare uzate ale bacurilor celorlalte prevenitoare.

Prevenitoarele operaţionale: două prevenitoare identice separate între ele, unul inferior *3* cel de-al doilea superior *4*. Bacurile prevenitoarelor sînt cu închidere pe diametrul exterior al garniturii de material tubular (cînd aceasta se găseşte în axa sondei).

Este interzis ca ambele prevenitoare să aibă bacurile deschise în timpul manevrei garniturii de material tubular (atunci cînd şi bacurile prevenitoarelor de siguranţă sînt deschise). În această situaţie, sonda este pusă în comunicaţie cu atmosfera şi avem cazul unei erupţii libere, lucru de nedorit.

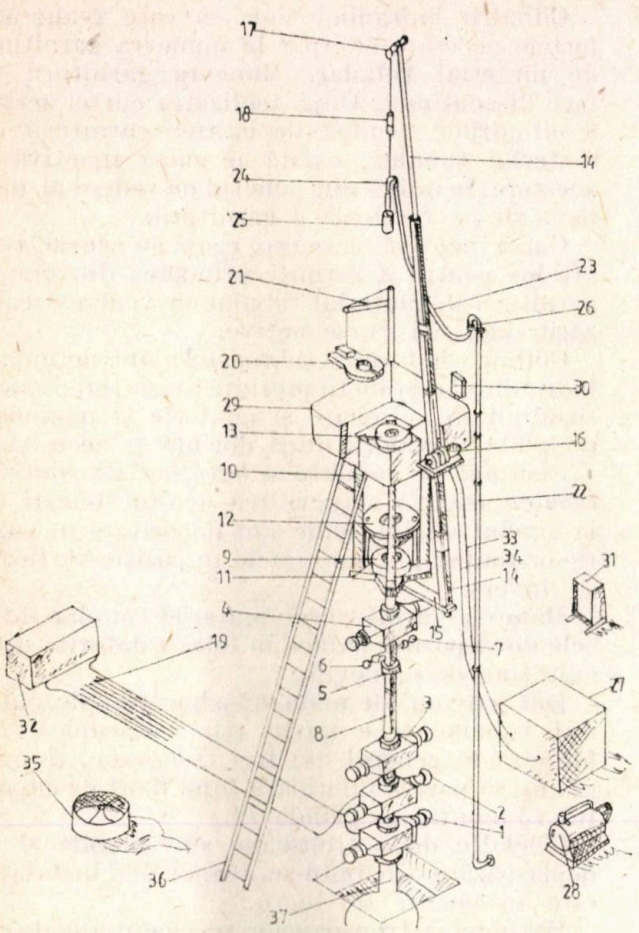



Fig. 1. Vedere generală a unei instalații de manevrat sub presiune în poziție de lucru.

Camera de egalizare a presiunii este un tronson cilindric *5* cu două flanșe la capete, tronson interpus între prevenitoarele operaționale *3* și *4* și care are lateral, diametral opus, două stuțuri terminate cu flanșe de legătură de diametre mai mici.

Robinetele camerei de egalizare a presiunii fixate pe flanșele de dimensiuni reduse ale acesteia : un robinet *6* interpus pe legătura între camera de egalizare a presiunii și spațiul sondei, cel de-al doilea *7* interpus pe legătura camerei de egalizare a presiunii cu atmosfera.

Prevenitoarele operaționale, camera de egalizare a presiunii și robinetele ei asigură deplasarea pe verticală a garniturii de material tubular formată din bucățile de material tubular și racordurile speciale care asigură îmbinarea acestora.

Utilizarea a două prevenitoare operaționale la manevra pe verticală a garniturii de material tubular permite manevrarea bucăților pe întreaga lungime.

Bacurile celor două prevenitoare împreună cu camera de egalizare a presiunii formează un sistem de ecluzare pentru deplasarea racordurilor speciale.

La deplasarea în jos a garniturii de material tubular, trecerea racordului special se realizează prin deschiderea bacurilor prevenitorului operațional superior, în timp ce bacurile prevenitorului operațional inferior rămîn închise. Racordul special trece de bacurile prevenitorului superior și este oprit în dreptul camerei de egalizare a presiunii.

Pentru deplasarea în continuare în jos a garniturii de material tubular se închid bacurile prevenitorului operațional superior și se deschid bacurile prevenitorului operațional inferior.

La deplasarea în sus a garniturii de material tubular, trecerea racordului special se realizează prin manevrarea bacurilor celor două prevenitoare operaționale, asemănător situației de la operația de deplasare în jos a garniturii.

Rolul camerei de egalizare a presiunii și a robinetelor *6* și *7* este de a asigura aceeași presiune între spațiile inferior și superior ale prevenitoarelor operaționale la închiderea și deschiderea bacurilor acestora.

Bacurile prevenitoarelor, la închidere și etanșare pe suprafața exterioară a bucăților de material tubular, separă volumul prevenitoarelor în volum inferior și volum superior (volum de sub și respectiv volum de deasupra bacurilor).

Între cele două volume apar diferențe de presiune, în sensul că un volum poate fi în comunicație cu presiunea din sondă, iar celălalt în comunicație cu atmosfera.

La deschiderea bacurilor, cele două volume se pun în comunicație între ele și are loc o trecere de fluid (gaz de sondă sau țiței) de la volumul cu presiune ridicată către cel cu presiune joasă.

La începutul deschiderii bacurilor, între cele două volume, fluidul se deplasează cu viteze foarte mari, chiar suprasonice.

Impuritățile din fluid fac abrazivă această scurgere și garniturile de cauciuc ale prevenitorului sînt erodate și scoase repede din funcțiune.

Distanțierul cu flanșe este un tronson cilindric *8* de lungime mare cu două flanșe la capete, interpus de obicei între prevenitorul operațional inferior și camera de egalizare a presiunii.

El are aceeași funcțiune ca și camera de egalizare a presiunii, fiind un fel de prelungire a acesteia pentru situația cînd în componența garniturii de material tubular intră anumite scule de instrumentație de lungime mare.

La presiune joasă (sub 200 daN/cm$^2$), la manevra garniturii de material tubular, etanșarea spațiului sondei față de atmosferă nu se mai face cu prevenitoarele operaționale, ci printr-un element elastic, special realizat

în acest scop. În această situaţie prevenitoarele operaţionale sînt cu bacurile deschise.

S t r i p e r u l *9* este subansamblul fixat la partea superioară a sistemului de etanşare a instalaţiei de manevrat sub presiune. El conţine elementul elastic menţionat mai sus care realizează această etanşare şi permite trecerea bucăţilor de material tubular şi a racordurilor speciale, mulîndu-se pe suprafaţa exterioară a acestora.

*Sistemul de manevră pe verticală şi de rotire a garniturii de material tubular este format din următoarele.*

C i l i n d r i i h i d r a u l i c i *10* patru cilindri identici, solidarizaţi prin corpurile şi tijele lor, asigură manevra pe verticală cu anumite curse a garniturii de material tubular.

Cilindrii sînt fixaţi de grinda comună *11* pe care se află şi corpul striperului *9*.

B r o a s c a f i x ă *12* asigură prinderea garniturii de material tubular, fixînd-o faţă de instalaţia de manevrat sub presiune. Broasca este fixată pe grinda comună *11* a cilindrilor hidraulici *10*.

B r o a s c a m o b i l ă *13* asigură prinderea garniturii de material în vederea deplasării ei pe verticală de către cilindrii hidraulici *10*. Broasca este montată pe grinda mobilă ce solidarizează tijele acestor cilindri.

Sarcina dată de garnitura de material tubular ce trebuie susţinută de broaşte este pe direcţie verticală şi poate avea două sensuri de acţionare. Sensul de sus în jos — cazul cel mai des întîlnit — atunci cînd greutatea garniturii de material tubular este mai mare decît forţa cu direcţia de jos în sus dată de presiunea sondei exercitată pe suprafaţa plină a bucăţii de material tubular.

Sensul de jos în sus apare atunci cînd forţa dată de presiunea sondei depăşeşte greutatea garniturii de material tubular.

Broaştele fixă şi mobilă trebuie să preia sarcinile date de garnitura de material tubular în ambele sensuri de acţionare, de aceea ele sînt dotate cu două garnituri de pene, fiecare garnitură pentru cîte un sens de prindere şi cu acţionare independentă.

Broasca mobilă *13* poate fi şi rotativă pentru a permite rotirea garniturii de material tubular în vederea realizării unor foraje uşoare, cum ar fi străpungerea unor dopuri de nisip.

Cursa cilindrilor *10* nu poate depăşi anumite limite impuse de gabaritul lor în cadrul instalaţiei de manevrat, cît şi de posibilităţile tehnologice de realizare a acestor cilindri.

În general lungimea unei bucăţi de material tubular depăşeşte de cel puţin două ori cursa cilindrilor *10*, de aceea manevra garniturii de material tubular cu o lungime de bucată de ţeavă se face cu cel puţin două manevre complete ale cilindrilor.

Cilindrii hidraulici sînt cei care realizează forţele necesare ce apar la manevra garniturii de material tubular. Manevra garniturii se face discontinuu. După realizarea cursei active a cilindrilor, pentru deplasarea garniturii de material tubular, există o cursă inactivă a acestora, inactivă din punctul de vedere al manevrării pe verticală a garniturii.

Cursa inactivă, care este egală cu cea activă, are loc pentru a permite prinderea din nou a garniturii de material tubular în vederea realizării unei noi curse active.

Cilindrii hidraulici şi broaştele sînt acţionate hidraulic. Acest lucru prezintă avantajul promptitudinii în acţionare şi cu forţe şi momente reglabile ca valori, după dorinţă şi necesităţi.

*Sistemul de manevră a bucăţilor de material tubular* asigură manevrarea acestor bucăţi de la nivelul solului, unde sînt depozitate în poziţie orizontală, în axa sondei în poziţie verticală şi invers.

Manevra garniturii de material tubular între cele două poziţii se face în bucăţi datorită dificultăţilor de manevră.

Din sistemul de manevră a bucăţilor de material tubular face parte tija telescopică *14*, formată în general din trei tronsoane, tronsonul de la partea inferioară fiind fixat de suportul *15* montat pe grinda *11*.

Celelalte două tronsoane sînt mobile şi se deplasează extinzîndu-se, atunci cînd instalaţia este în poziţie de lucru.

Extinderea tronsoanelor se face manual, retragerea lor se face prin greutatea proprie a tronsoanelor la eliberarea sistemului care le-a extins. Pe tronsonul fix sînt montate două trolii cu tobă *16*, fiecare fiind acţionat de cîte un motor hidraulic.

Pe cele două tobe se înfăşoară cîte un cablu care trece pe după cîte un scripete *17*, montat în capătul superior al celui de-al treilea tronson.

De capătul cablurilor sînt fixate cîte un elevator *18*, care are posibilitatea să prindă bucăţile de material tubular *19* ce sînt manevrate una cîte una de la nivelul solului în axa sondei şi invers.

Cînd un elevator este la nivelul solului, cel de-al doilea este în axa sondei.

Troliile hidraulice sînt acţionate independent, astfel asigurîndu-se scurtarea ciclurilor de manevră a fiecărei bucăţi de material tubular.

*Sistemul de înşurubare-deşurubare a îmbinărilor filetate ale bucăţilor la garnitura de material tubular*

Instalaţia de manevrat sub presiune este dotată cu cleştele mecanizat *20* acţionat hidraulic, suspendat de suportul *21*.

Dintre sistemele componente ale unei instalaţii de manevrat sub presiune face parte e c h i p a m e n t u l d e p o m p a r e ş i c i r c u l a ţ i e a f l u i d e l o r în sondă.

Un astfel de echipament este format din conducta metalică *22* la care se racordează claviatura manifoldului de pompare, furtunul de circulaţie *23* terminat cu capul hidraulic *24* şi supapa de reţinere *25* a fluidului. Racordul rotativ *26* permite orientarea furtunului şi a capului hidraulic în direcţia dorită.

*Sistemul de acţionare hidraulică a instalaţiei de manevrat sub presiune* asigură deplasarea cu forţele şi momentele necesare a tuturor subansamblurilor componente destinate să funcţioneze hidraulic.

Sursa hidraulică (panoul hidraulic) *27* este formată dintr-o serie de pompe antrenate de un motor termic şi un rezervor de ulei, toate acestea formînd un subansamblu de sine stătător plasat la nivelul solului.

Alături de sursa hidraulică este rezervorul cu combustibil *28* pentru alimentarea motorului termic al sursei *27*.

Comenzile hidraulice pentru toate subansamblele se dau, cu excepţia prevenitoarelor de siguranţă, de la un pupitru hidraulic plasat pe platforma de lucru *29*, pupitru neprezentat în figură.

Prevenitoarele de siguranţă *1* şi *2* sînt comandate de la pupitrul *30* plasat pe platforma *29*.

Pupitrul de comandă *31* are aceeaşi destinaţie şi componenţă ca şi pupitrul *30* şi este utilizat în cazuri de pericol cînd lucrătorii au fost nevoiţi să părăsească platforma *29*.

Panoul *32* conţine o parte din aparatura hidraulică, inclusiv bateria de acumulatoare hidropneumatice, care asigură presiunea şi debitul necesar manevrelor de închidere şi deschidere a bacurilor prevenitoarelor, a sertarelor robinetelor *6* şi *7* şi de manevră pe verticală a bacurilor broaştelor fixă şi mobilă.

Din sistemul de acţionare hidraulică fac parte racordurile flexibile (furtunurile) *33* şi *34*, ce fac legătura dintre sursa hidraulică *27* şi pupitrul de comandă de pe platforma de lucru *29*.

Pentru transportul acestor furtunuri se utilizează coşul circular *35*.

Lucrătorii ajung la nivelul platformei *29* cu ajutorul scării *36*.

Întreaga greutate a instalaţiei de manevrat şi o parte din greutatea garniturii de material tubular sînt preluate de capul sondei *37* (cealaltă parte a greutăţii garniturii este contrabalansată de presiunea sondei exercitată pe secţiunea materialului tubular şi de flotabilitatea acesteia în fluidele de sondă).

Ciclul de extragere, respectiv de introducere din şi în sondă a garniturii de material tubular, cu o lungime egală cu lungimea unei curse a cilindrilor de manevră, este reprezentat în figura 2.

S-au păstrat notaţiile din figura 1 pentru o înţelegere mai uşoară a descrierii.

● În *situaţia a*, tijele *40* ale cilindrilor *10* împreună cu grinda mobilă *4* sînt coborîte, ocupînd poziţia cea mai de jos, bacurile broaştelor mobile *13* şi fixă *12* fiind fixate pe garnitura de material tubular *38*.

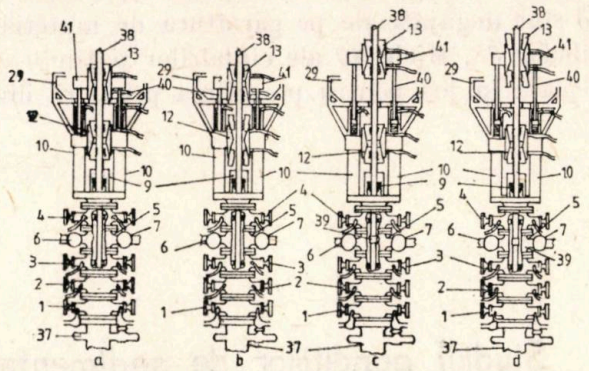



Fig. 2. Ciclul de extragere, respectiv introducere a garniturii de material tubular din şi în sondă.

Bacurile prevenitoarelor operaţionale superior *4* şi inferior *3*, precum şi garnitura de etanşare a striperului *9* sînt în contact cu garnitura de material tubular *38*, astfel că spaţiul sondei este etanşat faţă de mediul ambiant.

În cele patru situaţii bacurile celor două prevenitoare sînt în contact cu garnitura de material tubular şi nu se urmăreşte prezentarea fazelor de funcţionare a acestora.

● În *situaţia b*, bacurile broaştei fixe *12* sînt degajate de pe garnitura de material tubular *38*, instalaţia fiind pregătită să extragă garnitura *38* cu lungimea unei curse.

● În *situaţia c*, tijele *40* ale cilindrilor hidraulici *10* s-au deplasat în sus cu lungimea unei curse, antrenînd şi garnitura de material tubular care s-a deplasat cu aceeaşi lungime, după care bacurile broaştei fixe sînt angajate pe garnitura *38*.

La extragerea cu lungimea unei curse, îmbinarea filetată *39*, dintre bucata de material tubular superioară şi restul garniturii de material tubular, a ajuns în dreptul camerei de egalizare a presiunii *5*.

Pătrunderea acestei îmbinări în interiorul camerei de egalizare a presiunii s-a făcut prin manevra de deschidere a bacurilor prevenitorului operaţional inferior *3*, după care s-a comandat închiderea acestora.

Rezultă că, deplasarea în sus a garniturii de material tubular, pe întreaga cursă a tijelor cilindrilor *10*, nu s-a făcut dintr-o singură deplasare, ci din două deplasări, şi anume:

— o deplasare, pînă cînd îmbinarea filetată *39* a ajuns sub bacurile închise ale prevenitorului *3*, după care deplasarea a încetat; s-au deschis apoi bacurile prevenitorului;

— a doua deplasare, din poziţia în care s-au oprit tijele *40* ale cilindrilor *10*, pînă la ter-

minarea cursei în sus a acestora, a urmat închiderea bacurilor prevenitorului *3*, îmbinarea filetată *39* fiind cuprinsă în spațiul camerei de egalizare a presiunii.

● În *situația d*, bacurile broaștei mobile *13* sînt degajate de pe garnitura de material tubular *38*, tijele *40* ale cilindrilor putîndu-se deplasa în jos pentru pregătirea prinderii din nou a garniturii *38* în vederea extragerii acesteia cu o nouă lungime de cursă a tijelor. Se ajunge astfel la *situația a* cînd ciclul poate fi reluat.

Parcurgînd fazele în sens invers de la *d* către *a*, se urmărește ciclul de introducere a garniturii de material tubular în sondă cu lungimea corespunzătoare unei lungimi de cursă a tijelor cilindrilor *10*.

---

# Studiul condițiilor de sedimentare ale orizontului inferior al gresiei de Kliwa din Oligocenul Pintenului de Văleni

Șef lucr. ing. **D. Frunzescu**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

Depozitele de o pronunțată ritmicitate ale orizontului inferior al gresiei de Kliwa fac parte din faciesul extern bituminos al unității plurifaciale de Tarcău, aparținînd flișului paleogen al Carpaților Orientali. Analiza sedimentologică a orizontului are la bază o cartare detaliată a aflorimentelor deschise de valea Teleajenului în flancul nordic al sinclinalului Frînghiești din Pintenul de Văleni, în aval de confluența cu valea Rea.

Lucrări de referință asupra regiunii aparțin lui M.G. Filipescu (1934), I. Pătruț (1947), Gr. Popescu (1952), V. Dragoș (1970), aspecte sedimentologice fiind tratate în lucrările lui Myint Thein (1971) și C. Grujinschi (1972).

Din punct de vedere stratigrafic, orizontul inferior al gresiei de Kliwa este caracterizat de alternanța șisturilor argiloase disodilice cu gresia cuarțoasă de Kliwa.

În lucrarea de față, stratificația ritmică de tip fliș se explică prin acțiunea curenților de turbiditate.

Curenții de turbiditate sînt curenți de curgere ce antrenează și transportă materialul sedimentar, depus rapid și normal în zone de margine ale shelfului continental sau de deltă, cu rezultatul formării unor îngrămădiri de pantă (fig.1).

Sub acțiunea greutății proprii sau datorită cutremurelor, furtunilor, sedimentele – aflate inițial în echilibru cvasilabil — alunecă și cad brusc pe taluzul continental. Materialul căzut devine tot mai lichefiat pînă cînd mixtura ia caracteristicile unui fluid mîlos cu densitate mai mare decît a mediului acvatic. Cu creșterea vitezei el devine eroziv, ravenînd suprafața taluzului, generînd urme de curent. Spre fundul bazinului viteza scade și începe depunerea sedimentelor.

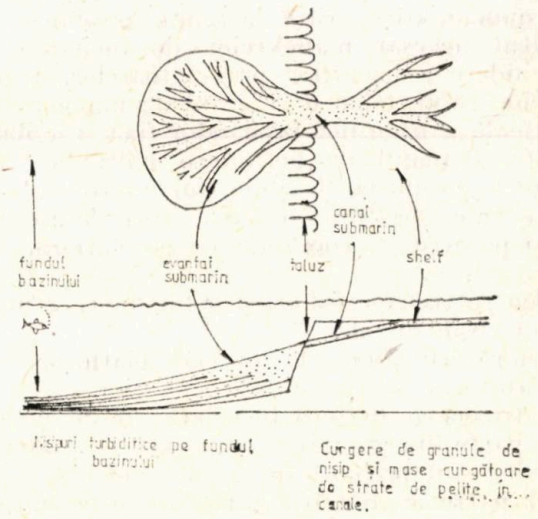



Fig. 1. Diagrama geomorfologiei și sedimentologiei nisipurilor de mare adîncă.

Angajarea curgerii se face pe canale existente, canioane submarine în marginea shelfului, aflate în continuarea gurilor rîurilor majore. Canalele continuă în jos pe povîrnișul continental și debușează sarcina lor sedimentară

sub forma unui evantai submarin. Sedimentele grosiere se depun primele în partea proximală (lîngă sursă) a conului, iar cele fine la

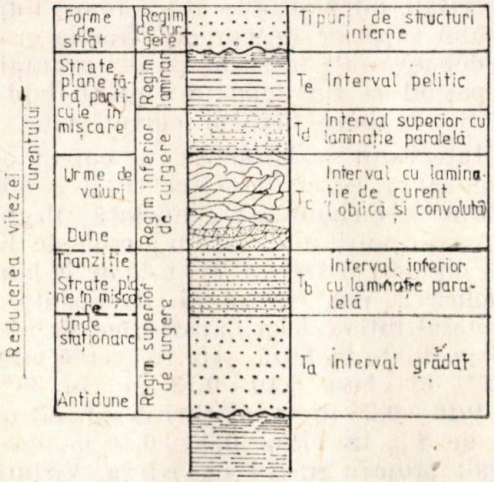



Fig. 2. Model structural al unei secvenţe turbiditice (sensul Bouma) şi legătura cu structurile interne funcţie de regimul de curgere.

distanţă crescîndă, corelată cu scăderea vitezei către marginile externe (distale) ale evantaiului.

Pe fundul bazinului ajung doar milurile foarte fine care la viteze nule ale curentului se încadrează faciesului pelagic. În canionul principal sînt depuse haotic fragmente grosiere ce aparţin faciesului de wildfliş.

Analiza faciesului turbiditic al orizontului inferior al gresiei de Kliwa se face pe baza unor parametri sedimentologici, cum sînt: gruparea

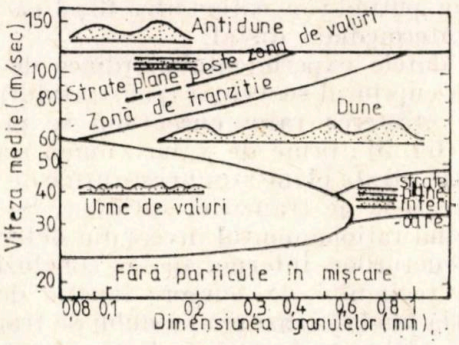



Fig. 3. Relaţia granulometrie/viteza curentului şi formele de strat generate.

structurilor interne într-o secvenţă (polistrat) de tip Bouma (1962), energia paleocurenţilor, grosimea şi continuitatea stratelor, structurile externe.

Secvenţa Bouma (fig. 2) cuprinde succesiunea normală a cinci intervale (monostrate): Ta — intervalul gradat; Tb — intervalul in-

**Distribuţia intervalelor elementare ale secvenţelor pe clase de grosimi**

*Tabelul 1*

| Clase de grosimi, m \ Termeni | Tb nr. | Tb % | Tc nr. | Tc % | Td nr. | Td % | Te nr. | Te % | Tf nr. | Tf % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00—0,01 | 1 | 14,29 | — | | 28 | 15,21 | 8 | 4,93 | 12 | 31,57 |
| 0,01—0,02 | — | | 7 | 7,526 | 40 | 21,73 | 13 | 8,02 | 4 | 10,52 |
| 0,02—0,03 | — | | 6 | 6,45 | 24 | 13,04 | 8 | 4,93 | — | — |
| 0,03—0,04 | 1 | 14,29 | 2 | 2,15 | 13 | 4,06 | 7 | 4,32 | 5 | 13,15 |
| 0,04—0,05 | — | | 9 | 9,67 | 5 | 2,71 | 7 | 4,32 | 3 | 7,89 |
| 0,05—0,06 | 2 | 28,57 | 5 | 5,37 | 11 | 5,97 | 10 | 6,17 | 3 | 7,89 |
| 0,06—0,07 | — | | 5 | 5,37 | 7 | 3,80 | 6 | 3,70 | 3 | 7,89 |
| 0,07—0,08 | 1 | 14,29 | 2 | 2,15 | 4 | 2,17 | 8 | 4,93 | 4 | 10,52 |
| 0,08—0,09 | — | | 1 | 1,07 | 3 | 1,63 | 2 | 1,23 | — | — |
| 0,09—0,10 | 1 | 14,29 | 2 | 2,15 | 5 | 2,71 | 5 | 3,08 | 1 | 2,63 |
| 0,10—0,15 | — | | 13 | 13,98 | 9 | 4,89 | 22 | 13,58 | 3 | 7,89 |
| 0,15—0,20 | 1 | 14,29 | 12 | 12,90 | 5 | 2,71 | 15 | 9,25 | — | — |
| 0,20—0,25 | — | | 8 | 8,60 | 9 | 4,89 | 8 | 4,93 | — | — |
| 0,25—0,30 | — | | 3 | 3,22 | 4 | 2,17 | 6 | 3,70 | — | — |
| 0,35—0,40 | — | | 7 | 7,526 | 6 | 3,26 | 7 | 4,32 | — | — |
| 0,40—0,45 | — | | 4 | 4,30 | 1 | 0,54 | 1 | 0,61 | — | — |
| 0,45—0,50 | — | | — | — | 2 | 1,08 | 5 | 3,08 | — | — |
| 0,50—0,60 | — | | 3 | 3,22 | 4 | 2,17 | 6 | 3,70 | — | — |
| 0,60—0,70 | — | | 1 | 1,07 | — | — | 4 | 2,46 | — | — |
| 0,70—0,80 | — | | — | — | — | — | 5 | 3,08 | — | — |
| 0,80—0,90 | — | | — | — | — | — | 1 | 0,61 | — | — |
| 0,90—1,00 | — | | — | — | — | — | 2 | 1,23 | — | — |
| 1,00 | — | | — | — | — | — | 1 | 0,61 | — | — |
| Total nr. | 7 | 100,02 | 93 | 99,94 | 184 | 99,91 | 162 | 99,87 | 38 | 99,95 |
| termeni pe clase % | 1,45 | | 19,21 | | 38,02 | | 33,47 | | 7,85 | |

Total termeni pe orizont Kliwa inf. = 484

ferior cu laminaţie paralelă ; Tc — intervalul cu laminaţie de curent oblică sau convolută ; Td — intervalul superior cu laminaţie paralelă; Te — intervalul pelitic. Secvenţele pot fi complete, trunchiate la bază sau la partea superioară, rezultînd tipuri ca : Ta—c, Ta—d, Ta—e, Tb—d, Tb—e, Tc—d, Tc—e, Td—e etc., pe baza lor putîndu-se caracteriza flişul ca proximal, intermediar, distal.

Din datele experimentale, ordinea de depunere în cuprinsul secvenţei (polistratului) funcţie de creşterea ratei curentului se prezintă astfel (fig. 3) : urme de valuri, dune, zona de tranziţie, strate plane stînd peste urme de valuri şi peste zona de tranziţie, antidune. Se poate ca, făcînd raţionamentul invers din determinarea structurilor interne, să se concluzioneze asupra regimului de curgere funcţie de configuraţia fundului, asupra modului de transport al particulelor, proceselor de dispersie a energiei asupra relaţiei dintre fund şi suprafaţa apei.

Astfel, dezvoltarea intervalelor în cadrul orizontului inferior al gresiei de Kliwa, cu semnificaţia lor hidrodinamică, este ilustrată în figura 4 şi tabelul 1.

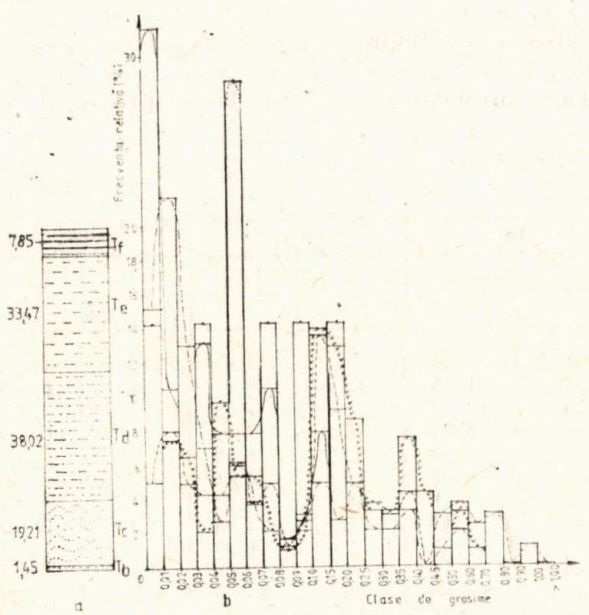



Fig. 4. Distribuţia intervalelor elementare ale secvenţelor pe total orizont Kliwa inferior *a* şi pe clase de grosimi *b*.

● Intervalul gradat, Ta, este caracterizat prin variaţia granulometriei (frecvent scădere) de la bază spre partea superioară a stratului, indică un regim superior de curgere şi este absent în cadrul orizontului.

● Intervalul inferior cu laminaţie paralelă, Tb, apare de cîteva ori, ca bază a unor secvenţe, reprezentînd 1,45% din totalul intervalelor (484) cu maximum de dezvoltare (28%) în clasa 0,05—0,06 m, în rest avînd participare de cîte 14% în clase sub 0,20 m. Este alcătuit din microbrecii sau alternanţă de lamine (deschise) cuarţo-muscovitice şi lamine argiloase (nuanţe închise). Alături de lipsa intervalului Ta, indică depunerea din curenţi de densitate mică şi absenţa aproape totală a regimului superior de curgere, fracţia grosieră fiind depusă mult în susul pantei evantaiului. Este posibil să fie depus din patul fluid gradat, aflat la baza fiecărui curent slab.

● Intervalul cu laminaţie de curent oblică sau convolută, Tc, este mai frecvent în gresiile de Kliwa, iar cel cu laminaţie convolută—în gresiile calcaroase cenuşii micacee. În gresiile de Kliwa se pot observa şi treceri treptate de la laminaţia oblică la cea convolută. Reprezintă 19% din totalul intervalelor, aparţinînd de secvenţele trunchiate la bază. Are frecvenţă maximă de 14% în clasa 0,10—0,15 m sau 35% în clasa 0,16—0,25 m şi, alături de un alt maximum de 8% în clasa 0,35—0,40 m, este, în general, propriu gresiei de Kliwa. Vîrfuri de 10 şi 7% apar şi în clasele 0,04—0,05 m şi 0,01—0,02 m, fiind caracteristice atît gresiilor de Kliwa, cît şi celor calcaroase cenuşii micacee. Laminaţia oblică are semnificaţia unei forme constante de fund a regimului inferior de curgere, iar cea convolută indică aplicarea unor presiuni diferenţiale asupra laminelor anterioare, coezive dar nelitificate, datorate trecerii curentului peste urmele de valuri. Alţi autori (Potter şi Pettijohn, 1977) văd în laminaţia convolută combinarea complexă a transformării tixotrope a sedimentului cu deformarea datorită presiunii crescînde a fluidului din pori, variaţiei grosimii şi densităţii stratelor lichefiate şi drenării fluidului interstiţial.

● Intervalul superior cu laminaţie paralelă, Td, dispus tranşant faţă de intervalul precedent, Tc, şi trecînd treptat în intervalul superior, Te, corespunde fracţiei siltitice (şisturi argiloase nisipoase, marne, nisipoase, cărbunoase, tufite) cu dezvoltare maximă de 38% faţă de totalul intervalelor, sugerînd o imagine nouă asupra litologiei orizontului Kliwa inferior. Are maximum de frecvenţă la grosimi mici 0,01—0,02 m, dar cu vîrfuri de 6—4% mai apare în clasele 0,05—0,06 m ; 0,10—0,15 m ; 0,20—0,25 m, cu frecvenţe reduse continuîndu-se pînă la grosimi de 0,60 m. Constituie argument al dominaţiei regimului inferior de curgere.

● Intervalul pelitic, Te, reprezintă partea superioară a secvenţelor depusă la regim inferior de curgere din fracţia fină a încărcăturii turbiditice şi cuprinde lamine pelitice paralele, cu slabă diferenţiere de culoare. Are dezvoltare mare în cadrul orizontului (33%) cu maximum de frecvenţă (14%) în clasa 0,10—0,15m sau 23% în clasa 0,10—0,20 m. Aproape 40% din intervalul pelitic (cu vîrfuri de 8—4%) este distribuit în clasele 0,00—0,08 m, iar

cu frecvenţe de 3—4%, sau mai mici, apare şi la grosimi pînă la 0,80 m şi chiar peste 1,00 m.

● Intervalul pelagic, Tf, fără a avea o stratificaţie evidentă, urmează intervalului pelitic pe seama materialului fin pelagic depus în timpul de liniște dintre două curgeri turbiditice succesive. Cuprinde partea finală a secvenţelor fine, cu Te de grosime mai mare sau nivele de tuf. Apare slab dezvoltat (7,85%) în cadrul orizontului. Raportul de 1 : 13 faţă de total termeni sugerează cît de rare au fost momentele de liniște de sedimentare, iar frecvenţa mare (32%) a grosimilor sub 0,01 m sau 13—18% a grosimilor între 0,03 şi 0,08 m, avînd în vedere o rată medie de sedimentare pelagică (Kennett, 1986) de 1—3 cm/1 000 ani, sugerează durate de liniște de la 300—1 000 la 2 400—8 000 de ani.

Pentru a stabili distribuţia diferitelor tipuri de roci în cadrul orizontului inferior al gresiei de Kliwa s-au făcut măsurători de grosime, repartizate pe clase, ca histograme (fig. 5 şi tab. 2): 83% din microbrecii cu elemente de şisturi verzi au între 5 şi 10 cm grosime, restul fiind sub 5 cm şi reprezintă 1% din numărul total (497) de strate studiate sau 0,41% din grosimea totală (70,66 m); gresiile calcaroase cenuşii micacee convolute sînt, de asemenea, slab răspîndite atît ca număr (1%), cît şi ca volum (0,58%) avînd frecvenţa maximă (75%) la grosimi de 10—20 cm, restul fiind sub 10 cm; nisipurile şi gresiile de tip Kliwa, care împrumută numele orizontului, prezintă o răspîndire relativ minoră atît ca număr (18%), cît şi ca grosime (23%), avînd o distribuţie bimodală cu două maxime de valori de 23 şi 22% în clasele de 10—20 cm, respectiv 30—40 cm grosime şi cu frecvenţe mai mici întinzîndu-se pe intervalul de la 0,00 la 0,70 m grosime; siltitele (marne nisipoase, cărbunoase, şisturi argiloase, nisipoase, tufite) sînt larg răspîndite ca număr (37%) şi mai puţin ca volum (25%) avînd o distribuţie relativ constantă de 10—14% în fiecare clasă de pe intervalul de grosimi 0,00—0,60 m, cu două maxime de 19% în clasele de 0,20—0,30 m şi 0,30—0,40 m; pelitele (marne vinete, cenuşii, brune, disodiliforme, şisturi argiloase disodiliforme) sînt dominante atît ca număr (41%), cît şi ca volum (50%), avînd o distribuţie polimodală, cu vîrfuri de frecvenţă descrescătoare de la 16 la 8% în clasele intervalului de la 0,05—0,80 m, maximul fiind în clasa 0,10—0,20% şi cu procente mai mici apărînd la grosimi sub 0,05 m sau între 0,80 şi 1,50 m; marno-calcarele apar reduse atît ca număr (1,61%), cît mai ales ca grosime (0,08%), fiind distribuite în clasa mai mică de 0,05 m.

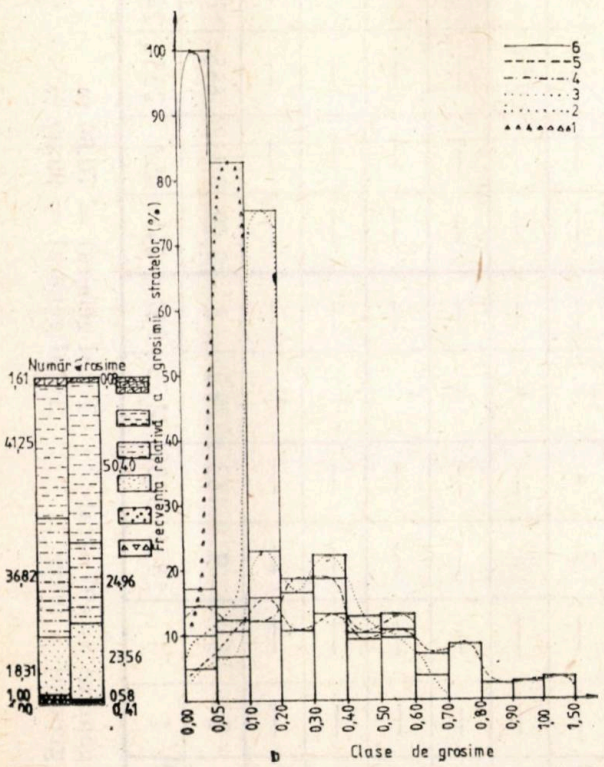



Fig. 5. Distribuţia principalilor constituienţi petrografici ai orizontului Kliwa inferior ca procente din total orizont *a* şi pe clase de grosimi *b*: *1* — microbrecii; *2* — gresii calcaroase micacee convolute; *3* — siltite; *4* — pelite; *5* — marnocalcare.

Pe ansamblu, este de remarcat frecvenţa mare a pelitelor şi siltitelor, impunînd o reconsiderare a imaginii asupra orizontului stratigrafic şi distribuţia dominantă a pelitelor, siltitelor, gresiilor de Kliwa la grosimi de 0,10—0,40 m, iar a microbreciilor şi marnocalcarelor la grosimi sub 0,10 m.

Repartiţia secvenţelor pe grosimi (fig. 6) indică frecvenţa maximă (16,58%) în clasa 0,10—0,20 m sau 70% în intervalul 0,05—0,50 m.

Cum orice secvenţă completă sau trunchiată are ca roci principale cupluri de psamite (Ta+Tb+Tc) şi pelite (Td+Te+Tf) (Walker, 1970) le-am reprezentat pe acestea pe histograma de frecvenţă pe clase de grosimi (fig. 7, tab. 3). Se observă dominanţa netă a psamitelor în strate subţiri: 25% sub 0,05 m sau 66% sub 0,2 m şi frecvenţa progresiv redusă a celor de grosimi crescătoare pînă la 0,70 m şi, de asemenea, dominanţa pelitelor în strate subţiri: 40% între 0,05 şi 0,20 m sau 69% între 0,00 şi 0,30 m. Cu creşterea în grosime pînă la stratele de 1,50 m, frecvenţa pelitelor scade treptat spre valori de 1%.

Redarea clară a proporţiei psamite/pelite apare în diagrama de corelare (fig. 7) ce indică numărul de asocieri al secvenţelor de o anumită proporţie. Apare evidentă asocierea strînsă (25—30 cazuri) a psamitelor foarte subţiri, sub 0,05 m, cu pelite subţiri de 0,05—0,20 m. Destul de frecventă (15—20 cazuri) este asocierea psamitelor foarte subţiri, sub 0,05, cu pelite foarte subţiri, sub 0,05 m, sau cu cele de

**Distribuţia grosimii şi numărului de strate a principalilor componenţi petrografici** *Tabelul 1*

| Clase de grosime | NUMAR DE STRATE | | | | | | GROSIMI DE STRATE | | | | | | NUMAR DE STRATE / GROSIMI (% din total clasă) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Micro-brecii | Gresii micacee cenusii convolute | Nisipuri Gresii tip Kliwa | Siltite | Pelite | Marno-calcare | Micro-brecii | Gresii micacee cenusii convolute | Nisipuri Gresii tip Kliwa | Siltite | Pelite | Marno-calcare | Micro brecii | Gresii micacee cenusii convolute | Nisipuri Gresii tip Kliwa | Siltite | Pelite | Marno-calcare |
| 0,00-0,05 | 2 | 2 | 23 | 109 | 67 | 8 | 0,05 | 0,042 | 0,85 | 2,57 | 1,89 | 0,06 | 40,00 / 17,24 | 40,00 / 10,19 | 25,27 / 5,10 | 59,56 / 14,57 | 32,68 / 5,31 | 100 / 100 |
| 0,05 - 0,10 | 3 | 1 | 15 | 29 | 49 | — | 0,24 | 0,06 | 1,14 | 2,20 | 3,80 | — | 60,00 / 82,76 | 20,00 / 14,56 | 16,48 / 6,85 | 15,84 / 12,47 | 23,90 / 10,67 | — |
| 0,10 - 0,20 | — | 2 | 23 | 15 | 37 | — | — | 0,31 | 3,83 | 2,14 | 5,62 | — | — | 40,00 / 75,24 | 25,27 / 23,00 | 8,20 / 12,13 | 18,05 / 15,78 | — |
| 0,20 - 0,30 | — | — | 11 | 13 | 15 | — | — | — | 2,76 | 3,30 | 3,81 | — | — | — | 12,09 / 16,58 | 7,10 / 18,71 | 7,32 / 10,70 | — |
| 0,30 - 0,40 | — | — | 10 | 9 | 12 | — | — | — | 3,70 | 3,31 | 4,71 | — | — | — | 10,99 / 22,22 | 4,92 / 18,76 | 5,85 / 13,23 | — |
| 0,40 - 0,50 | — | — | 5 | 4 | 7 | — | — | — | 2,16 | 1,82 | 3,31 | — | — | — | 5,49 / 12,97 | 2,19 / 10,32 | 3,41 / 9,29 | — |
| 0,50 - 0,60 | — | — | 3 | 4 | 7 | — | — | — | 1,59 | 2,30 | 3,82 | — | — | — | 3,30 / 9,55 | 2,19 / 13,04 | 3,41 / 10,73 | — |
| 0,60 - 0,70 | — | — | 1 | — | 4 | — | — | — | 0,62 | — | 2,52 | — | — | — | 1,09 / 3,72 | — | 1,95 / 7,08 | — |
| 0,70 - 0,80 | — | — | — | — | 4 | — | — | — | — | — | 3,06 | — | — | — | — | — | 1,95 / 8,59 | — |
| 0,80 - 0,90 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 0,90 | — | — | — | — | — | 0,49 / 2,53 | — |
| 0,90 - 1,00 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 0,98 | — | — | — | — | — | 0,49 / 2,75 | — |
| 1,00 - 1,50 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 1,19 | — | — | — | — | — | 0,49 / 3,34 | — |
| Total clasă | 5 | 5 | 91 | 183 | 205 | 8 | 0,29 | 0,412 | 16,65 | 17,64 | 35,61 | 0,06 | 100 / 100 | 100 / 99,99 | 99,98 / 99,99 | 100 / 100 | 99,99 / 1,00 | — |
| % Din total general | 1 | 1 | 18,31 | 36,82 | 41,25 | 1,61 | 0,41 | 0,58 | 23,56 | 24,96 | 50,40 | 0,08 | — | — | — | — | — | — |

Total general = 497 strate  Total general = 70,66 m
Total general = 99,99 %  Total general = 99,99 %

*Tabelul 2'*

**Repartiția secvențelor pe clase de grosimi**

| Clase de grosimi, m | Frecvența absolută, % | Frecvența relativă, % |
|---|---|---|
| 0,00—0,05 | 11 | 5,53 |
| 0,05—0,10 | 28 | 14,07 |
| 0,10—0,20 | 33 | 16,58 |
| 0,20—0,30 | 27 | 13,57 |
| 0,30—0,40 | 29 | 14,57 |
| 0,40—0,50 | 23 | 11,56 |
| 0,50—0,60 | 14 | 7,03 |
| 0,60—0,70 | 14 | 7,03 |
| 0,70—0,80 | 5 | 2,51 |
| 0,80—0,90 | 6 | 3,01 |
| 0,90—1,00 | 2 | 1,00 |
| 1,00—1,50 | 7 | 3,52 |
| Total | 199 | 99,97 |

0,20—0,40 m. Mai puțin frecvent (5—10 cazuri) psamitele foarte subțiri, sub 0,05 m, se asociază cu pelite în strate mai groase de 0,40—0,70 m. Rareori (1—5 cazuri) se asociază psamite foarte subțiri, sub 0,05 m, cu pelite în strate groase de 0,80—1,50 m sau psamite sub-

*Tabelul 3*

**Distribuția psamitelor și pelitelor pe clase de grosimi**

| Clase de grosimi, m | Frecvența absolută, % | | Frecvența relativă, % | |
|---|---|---|---|---|
| | psamite $(a+b+c)$ | pelite $(d+e+f)$ | psamite $(a+b+c)$ | pelite $(d+e+f)$ |
| 0,00—0,05 | 23 | 29 | 25,00 | 14,94 |
| 0,05—0,10 | 17 | 38 | 18,47 | 19,58 |
| 0,10—0,20 | 21 | 40 | 22,82 | 20,61 |
| 0,20—0,30 | 12 | 27 | 13,04 | 13,91 |
| 0,30—0,40 | 7 | 18 | 7,60 | 9,27 |
| 0,40—0,50 | 6 | 12 | 6,52 | 6,18 |
| 0,50—0,60 | 5 | 9 | 5,43 | 4,63 |
| 0,60—0,70 | 1 | 8 | 1,08 | 4,12 |
| 0,70—0,80 | — | 3 | — | 1,54 |
| 0,80—0,90 | — | 2 | — | 1,03 |
| 0,90—1,00 | — | 5 | — | 2,57 |
| 1,00—1,50 | — | 3 | — | 1,54 |
| Total | 92 | 194 | 99,96 | 99,92 |

țiri de 0,05—0,30 m, cu pelite subțiri de 0,05—0,30 sau chiar 0,50 m. Foarte rar (cîte 1 caz) există asocierea psamitelor în strate medii-groase cu pelite în strate medii-groase și nicio-

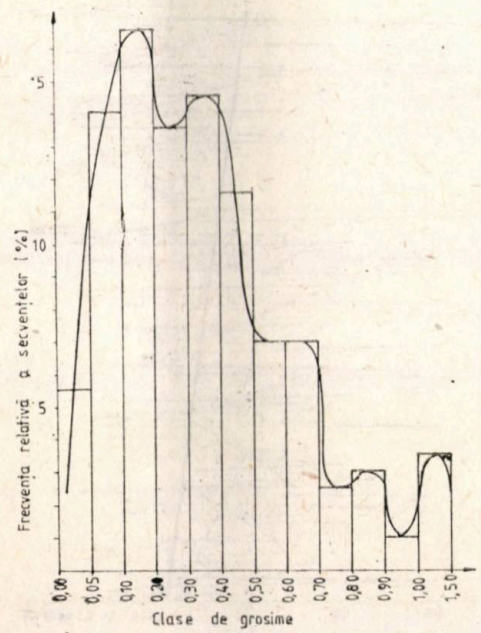



Fig. 6. Repartiția secvențelor pe clase de grosime.

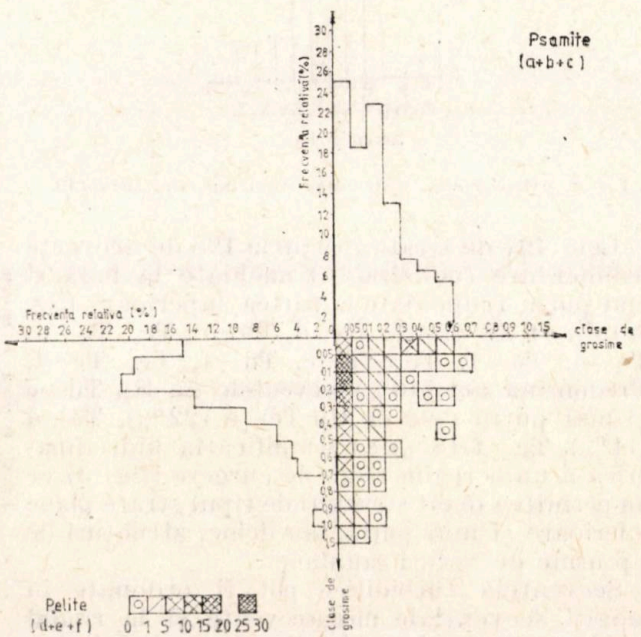



Fig. 7. Histograma distribuției și corelării psamite $(a+b+c)$/ pelite $(d+e+f)$ în cadrul orizontului Kliwa inferior.

dată nu se asociază psamite groase cu pelite groase.

Semnificaţia hidrodinamică a asocierilor frecvente de psamite foarte subţiri cu pelite subţiri este a duratei scurte a regimului superior de curgere sau a sedimentării materialului din baza curenţilor slabi, urmată de sedimentarea pe timp mai lung din regim inferior de curgere, dar cu rată de sedimentare scăzută.

Alternanţă ritmică psamite/pelite cu structură fină şi foarte fină, cu grad ridicat de sortare, grosimea redusă a stratelor, ca şi paralelismul lor pe mari distanţe, dominanţa secvenţelor trunchiate la bază (de tip Td—e, Tc—e) şi raţia psamite/pelite în cadrul orizontului, ca număr de 1/2 şi ca grosime de 1/3, impun încadrarea orizontului inferior al gresiei de Kliwa în faciesul turbiditic fin (IV), iar pe baza poziţiei faţă de sursa furnizoare (de geomorfologia evantaiului aluvial) în categoria de turbiditate distale. Sedimentarea s-a făcut din curenţi de densitate scăzută ca volum de suspensii, pe pante slab înclinate de energie mică. Curenţii au avut două direcţii : transversală (N5°E—N45°V), cu aria-sursă platforma moesică şi subordonat longitudinală N45°E—N85°E, cu aria-sursă în est.

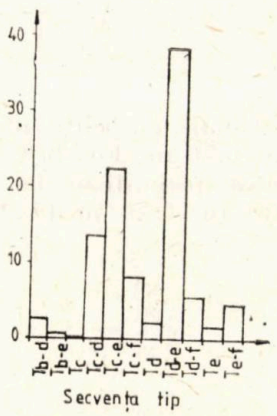



Fig. 8. Histograma distribuţiei tipurilor de secvenţă.

Cele 497 de strate aparţin la 198 de secvenţe sedimentare (polistrate) trunchiate la bază şi mai puţin trunchiate la partea superioară (fig. 8, tab. 4) de tipul : Tb—d, Tb—e, Tc, Tc—d, Te—e, Tc—f, Td, Td—e, Td—f, Te, Te—f. Predomină net (40%) secvenţele de tip Td—e şi mai puţin cele de tip Tc—e (22%), Tc—d (14%), Tc—f (8%) cu semnificaţia hidrodinamică a unui regim redus de curgere (fig. 3) ce nu permitea decît structuri de tipul strate plane inferioare şi mai puţin, sau deloc, structuri de tip urme de valuri sau dune.

Secvenţele turbiditice pot fi ordonate în unităţi secvenţiale megasecvenţe şi la rîndul lor în suite turbiditice (fig. 9).

Unităţile secvenţiale indică o variaţie ciclică datorată alternanţei faciesului grosier depus

*Tabelul 4*

**Distribuţia tipurilor de secvenţe sedimentare în orizontul Kliwa inferior**

| Secvenţa | Frecvenţa absolută, % | Frecvenţa relativă, % |
|---|---|---|
| Tb—d | 5 | 2,52 |
| Tb—e | 1 | 0,50 |
| Tc | 2 | 0,10 |
| Tc—d | 27 | 13,64 |
| Tc—e | 44 | 22,22 |
| Tc—f | 16 | 8,08 |
| Td | 4 | 2,02 |
| Td—e | 76 | 38,38 |
| Td—f | 11 | 5,55 |
| Te | 3 | 1,51 |
| Te—f | 9 | 4,54 |
| Total | 198 | 99,06 |

din curenţi de energie mai ridicată, cuprinzînd secvenţe de grosime mare, cu prezenţa intervalului Tb sau chiar Tc, cu faciesul fin depus din curenţii de încărcătură şi viteză joasă, cuprinzînd secvenţe subţiri în care predomină intervalele Td, Te. Unităţile secvenţiale alcătuite

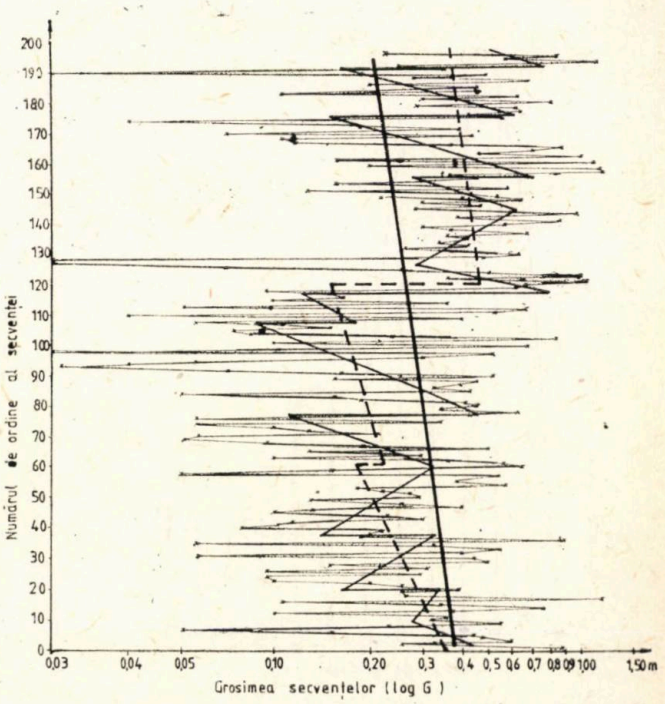



Fig. 9. Distribuţia pe verticală a secvenţelor.

din 7—20 secvențe pot fi pozitive cînd grosimea scade (spre bază facies grosier, spre partea superioară facies fin), cum este în treimea medie și superioară a orizontului, negative cînd grosimea crește (spre bază facies fin, spre partea superioară facies grosier), cum este în treimea inferioară a orizontului ; ciclice (cînd apare succesiunea facies grosier — facies fin — facies grosier), cum este la limita treimii inferioare cu cea medie sau în baza treimii superioare.

Tendința de evoluție a mai multor strate apare în megasecvențe rezultate din asocierea unităților secvențiale. În cadrul orizontului megasecvențele sînt pozitive, în sensul că în coloană grosimea descrește de la bază spre partea superioară.

Asocierea globală a secvențelor reprezintă suita turbiditică care dă tendința majoră de evoluție a bazinului, în cazul orizontului Kliwa inferior fiind recesională sau transgresivă ; adică, în sens ascensional se trece de la faciesuri grosiere la fine : de la turbidite distale, pe alocuri normale, la turbidite distale tipice și chiar la depozite hemipelagice.

Megasecvențele pozitiv și suita turbiditică (tendința majoră) recesională sugerează sedimentarea din curenți a căror energie totală scade în timp (în susul coloanei stratigrafice). Unitățile secvențiale pozitive din treimea medie și superioară sugerează slăbirea în timp a fiecărei pulsații iar unitățile negative din treimea inferioară a orizontului semnifică un strat slab și un final puternic al fiecărei pulsații turbiditice.

Studiul stratonomic al unei formațiuni turbiditice prezintă importanță atît teoretică, cît și practică. Legat de paleomorfologia evantaielor submarine există implicații în geologia petrolului în sensul că faciesurile proximale prezintă mai bune caractere de roci-rezervor față de faciesurile distale. Nivelele pelitice intraturbiditice creează ecrane în calea eroziunii fracției grosiere și totodată contribuie la formarea capcanelor stratigrafice. Transpunerea datelor sedimentologice pe hărți permite tocmai decelarea unor astfel de zone cu optime calități de rocă-rezervor cu implicații în calculul rezervelor.

Prezența materiei organice antrenate în depozitele turbiditice este însemnată și are o dispoziție anumită, ca urmare a ordinii de venire din curent : partea grosieră din bază conține specii aduse primele cu nisipul din platforma continentală, iar spre partea superioară, în nivelele mai fine, apar specii de apă mai adîncă. Alături de materia organică din mîlurile pelagice învecinate, cea adusă de curentul turbiditic participă ca rocă-sursă de hidrocarburi. Deci cel puțin o parte din cantitatea de hidrocarburi nu a suportat migrația sau a avut o migrație scurtă, fapt cu implicații în comportarea ulterioară a zăcămintelor și la proiectarea exploatării lor.

Orizontul inferior al gresiei de Kliwa cu gradul de de caracter flișoid F = 497 strate/198 secvențe = 2,5 se înscrie la categoria de fliș tipic, distal. Imaginea stratigrafică clasică de orizont grezos apare schimbată de dominanța netă a pelitelor și siltitelor.

Ordonarea secvențelor turbiditice permite separarea de pachete litologice de mai mare porozitate în baza unităților secvențiale și spre partea superioară a orizontului. Pe baza distribuției pe verticală a secvențelor se pot face corelări stratigrafice. Stabilirea intervalelor pelagice permite prelevări optime pentru micropaleontologie.

**Bibliografie**


[1] Anastasiu, N. *Petrologie sedimentară*. Ed. Tehnică, București, 1988.

[2] Dinu, N. C. *Geologic Study of the Cretaceous flysh deposity in the upper course of the Trotuș Valley*. An. I.G.G. vol. LXV, București, 1985.

[3] Dumitriu Cristina *Noțiuni și metode de sedimentologie*. Studii tehnice și economice, Comitetul de Stat al Geologiei, Inst. Geol., seria D, Nr. 3, București, 1967.

[4] Fairbridge, R. W., Bourgeois Joanne *The enciclopedia of sedimentology*. Dowden, Hutchinson Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 1978.

[5] Friedman, M. G., Sanders, E. J. *Principles of sedimentology*. John Wiley of Sens, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 1972.

[6] Funnell, B. M., Riedel W. R. *Micropaleontology of oceans*. Cambridge, 1971.

[7] Grossheim, V. A., Vassoevici, N. B. *Experiența stadiului variației litologice a depozitelor de fliș*. Bull. MOIP, otd. gheologhiceskii, nr. 6, 1960.

[8] Grujinschi, C. *Studiul complexului gresiei de Tarcău*. Teză I.P.G.G., București, 1972.

[9] Kennett, J. *Marine Geology*. Prentice Hall, London, Sydney, Toronto, New Delhy, Singapore, Wellington (New Zeeland), 1982.

[10] Lombard, A. *Geologie sedimentaire*. Ed. Masson et C-ie, Paris, 1956.

[11] Pană, I., Orbocea, M., Grigorescu, D. *Practica stratigrafică*. Univ. București, 1986.

[12] Perrodon, A. *Géodynamique pétrolière*. Mason, Paris, New York, Barcelone, Milan, 1980.

[13] Peterson, J. A., Osmond, J. C. *Geometry of sandstone bodies*. A.A.P.G. Symposium Tulsa, 1961.

[14] Potter, E. P., Pettijohn, F. J. *Paleocurents and basin analysis*. Springer-Verlag, Berlin, Gottingen, Heidelberg, 1963.

[15] Pettijohn, F. J., Potter, P. E. *Atlas of primary sedimentary structures*. Springer-Verlay, Berlin, Gottingen, Heidelberg, New York, 1964.

[16] Selley, R. *Ancient sedimentary environment*. Chapman and Hall, London, 1978.

[17] Thein, M. *Geologia regiunii dintre Aluniș — Poiana Vărbilău — Văleni de Munte — Bughea de Sus*. Teză I.P.G.G., București, 1971.

[18] Weller, M. *Stratigrafic principles and practice* Harper and Brother, New York, 1960.

# Din istoria petrolului românesc

**Producţia de ţiţei de la începuturi pînă în anul 1914 în zona Băicoi — Ţintea**

Pentru perioada de început a exploatărilor petroliere Ţintea (1517), Lilieşti (1819) şi Băicoi (1835) datele privind producţia efectivă sînt sporadice şi incomplete. Unele pot însă da o idee, chiar sumară, despre bogăţia acestor zăcăminte. Astfel, în anul 1820, un antreprenor din Cîmpina a arendat moşia pe care se afla schela Ţintea, obţinînd o producţie atît de mare de păcură, încît a concurat exploatările din Văleni, ajungîndu-se din acest motiv la un conflict, soluţionat de domnitorul Al.N. Şuţu. Profesorul Viilant nota în anii 1840—1844 că puţurile din Băicoi, Păcureţi şi Cîmpina-Telega, săpate pînă la 20—30 m, dădeau 100 kg de ţiţei zilnic (C.M. Boncu, *Contribuţii la istoria petrolului românesc*, Ed. Acad. R.S.R., 1971, p. 41 şi 71 ; Gh. Ravaş, *Din istoria petrolului românesc*, Bucureşti, 1957, p. 12). În rapoartele din 11 mai 1853, subcîrmuitorul plaiurilor şi plăşilor din judeţul Prahova, aprecia că în exploatările Ţintea, Bordeni şi Scorţeni se puteau extrage anual 2 500 de vedre, ele fiind depăşite doar de exploatarea Cîmpina, cu 5 000 de vedre (C.M. Boncu, p. 368—369).

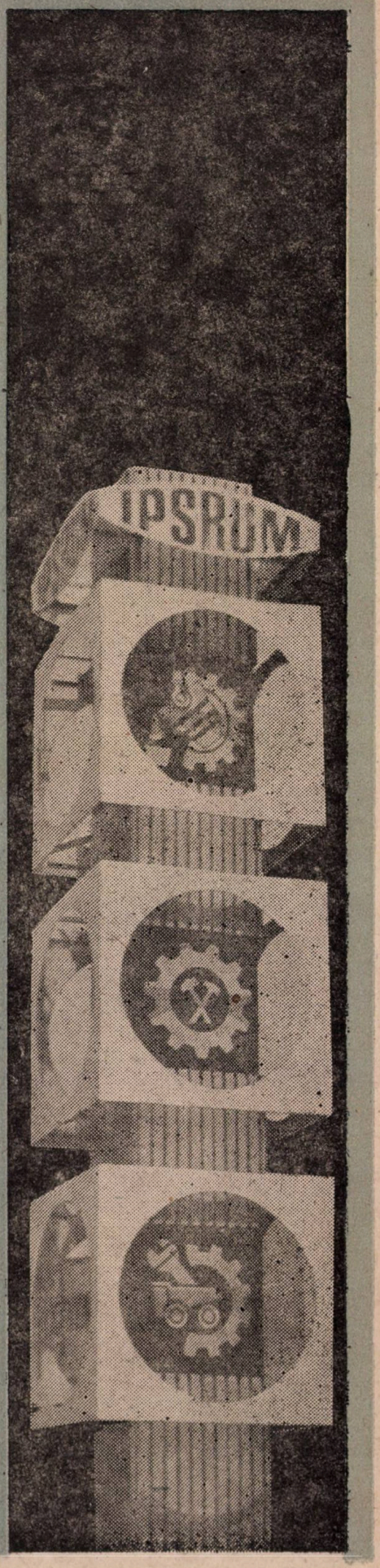
În anul 1862, producţia schelei Băicoi (fără Ţintea şi Lilieşti) reprezenta aproximativ 18% din producţia de ţiţei a jud. Prahova. În anul 1865, din 63 de puţuri productive ale Prahovei, 15 erau în Ţintea ; Coqand vorbea despre Ţintea ca de o „localitate celebră în istoria petrolului românesc", iar despre Băicoi ca de „o localitate petroliferă importantă". Este citat spre exemplificare puţul nr. 3 din Ţintea, care realiza la o adîncime de 22 m, peste 9 000 l de ţiţei în 24 de ore (Mihail Pizanty, *Aria exploatării petroliere în România*. Tiparul Cartea Românească, Bucureşti, 1938, p. 25 ; C. M. Boncu, p. 480 ; *Istoria României*, vol. IV, Bucureşti, Ed. Acad. R.P.R., 1964, p. 456—457). În anul 1866 existau 680 puţuri de ţiţei în ţară, care produceau 8 431 t anual, ele fiind concentrate mai ales în 7 localităţi, printre care Băicoi şi Ţintea (C. M. Boncu, p. 156).

După Legea Minelor din anul 1865, care a deschis drum larg investiţiilor străine, s-au înfiinţat şi în Băicoi-Ţintea numeroase societăţi petroliere cu capital străin. Producţia a crescut puternic, însă o bună parte a profiturilor ajungea în mîna investitorilor străini. Producţia de ţiţei a schelei Băicoi a ajuns la 4 060 t în anul 1901, respectiv la 45 331 t în 1906, pentru a atinge 67 424 t în anul 1914. În schela Ţintea, producţia a crescut de la 2 812 t în anul 1900 la 5 443 t în 1904, săltînd la 116 160 t în 1909, după care a scăzut la 86 689 t în anul 1914. Pentru comparaţie, producţia judeţului Prahova era în anul 1900 de 172 000 t, în 1913 (cotă maximă antebelică) de 1 678 153 t (reprezentînd 89% din producţia României, scăzînd în 1914 la 1 536 527 t. Se poate concluziona că producţia reunită a schelelor Băicoi şi Ţintea dinaintea primului război mondial a atins nivelul maxim de 142 820 de tone în anul 1910. Aceasta reprezenta 12% din totalul producţiei judeţului Prahova şi circa 10% din producţia României (M. Pizanty, *Aria exploatării petroliere din România*. Tiparul Cartea Românească, Bucureşti, 1938, p. 25 ; 40 ; 42). Deci, înainte de primul război mondial, schelele Băicoi-Ţintea realizau 10% din producţia de petrol a României.

**A. Moisin**

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentră pentru Industria Minieră
Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75
Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 1268
**Preţul 13 lei/exemplar**
Grafica : A. Socaciu

# INTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB SI REPARATII UTILAJ MINIER DEVA




INTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB SI REPARATII UTILAJ MINIER DEVA

PRODUCE:

- piese de schimb pentru utilaj minier şi uzinele de preparare a minereurilor;
- piese turnate din oţel-carbon şi oţel înalt aliat pentru utilajele din uzinele de preparare a minereurilor;
- diferite confecţii metalice.

EXECUTA:

- reparaţii la utilajele din uzinele de preparare, în întreprindere şi cu echipe SERVICE specializate, direct la beneficiar;
- reparaţii la utilajele miniere din cariere: EKG-4,6 - 5 şi 8 $m^3$; în întreprindere şi cu echipe SERVICE la beneficiar;
- reparaţii la autobasculante grele 50 şi 55 t;
- reparaţii generale de motoare pentru autobasculante grele de 50-55 t tip MTU;
- recondiţionări de piese de schimb prin sudură, metalizare şi prelucrări mecanice;
- rectificări de arbori cotiţi pentru utilaj minier şi mijloace de transport;
- recondiţionări de piese pentru excavatoarele EKG-4,6 - 8 $m^3$ (braţe, batiuri, cupe etc.).

IPSRUM DEVA, str. C. A. Rosetti nr. 5
telefon 14647, 15250, cont BNRSR Deva
30.12.05.101

1969 AUG 1

MINISTERUL MINELOR
CENTRALA MINEREURILOR BAIA MARE

# Uzina de Utilaj Minier și Reparații BAIA MARE

Str. Forestierului nr. 213, telefon 15340, telex 33275

Produce și livrează pe bază de comandă fermă:

UTILAJE PENTRU INDUSTRIA MINIERA:

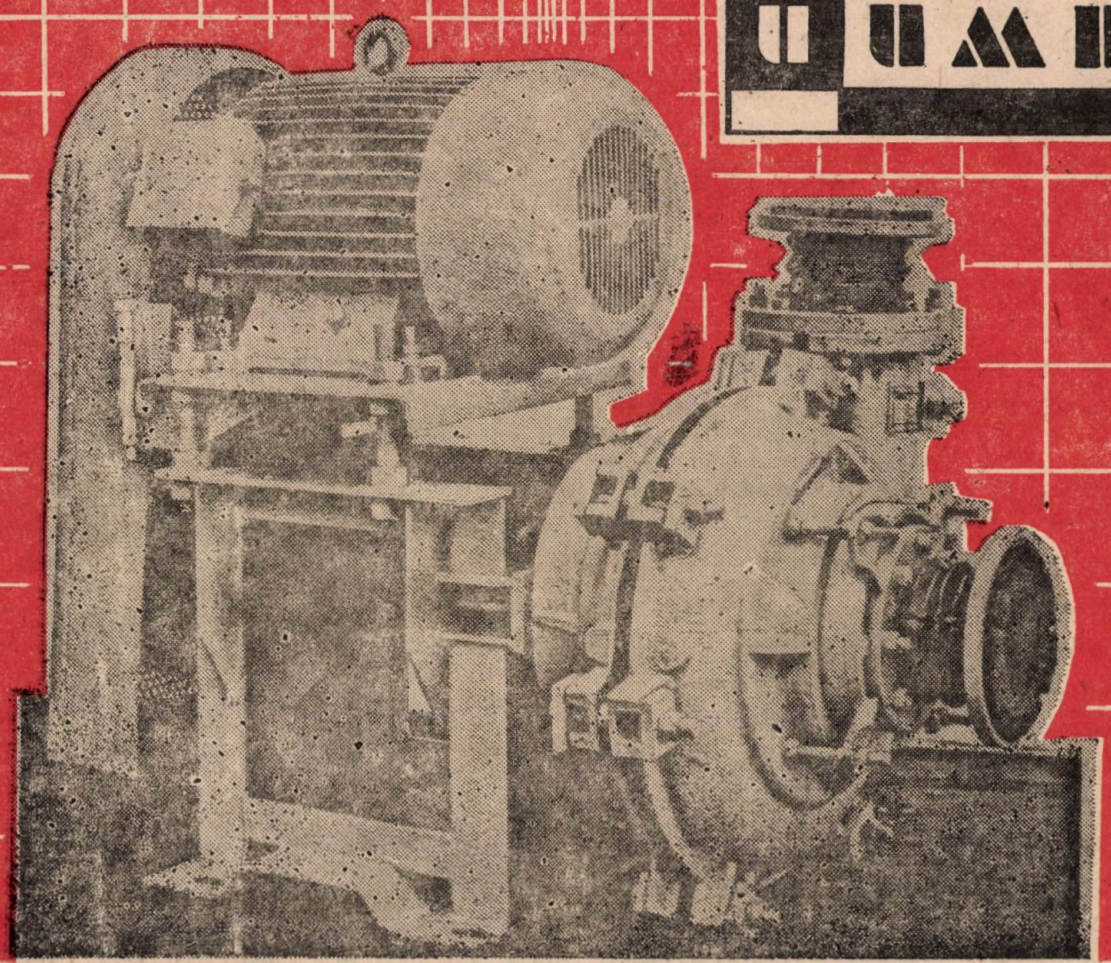
- perforatoare grele PG-80;
- motoare pneumatice cu piston MP-3 și lamelare L-12;
- colivii de extracție mono, bi și trietajate;
- vagoneți autobasculanți de 1,5 $m^3$.

UTILAJE PENTRU UZINELE DE PREPARARE:

- pompe de tulbureală cauciucate cu debite 50...600 $m^3/h$ și înălțimi de refulare 10...43 m;
- celule de flotare cu insuflare de aer și cu autoaerație de 3 $m^3$;
- hidrocicloane cauciucate Ø 150, 300, 450 mm;
- agitatoare cauciucate 3,5 și 10 $m^3$.

PIESE DE SCHIMB SI REPARATII DE UTILAJE MINIERE

UMR



E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA * Vol. 40, iulie 1989

7

# INTREPRINDEREA CAROTAJ SI PERFORARE Ploiesti

P_IESTI, str. Clopoţei nr. 2A, tel. 45421, 11774, 23440, 21842
telex: 207

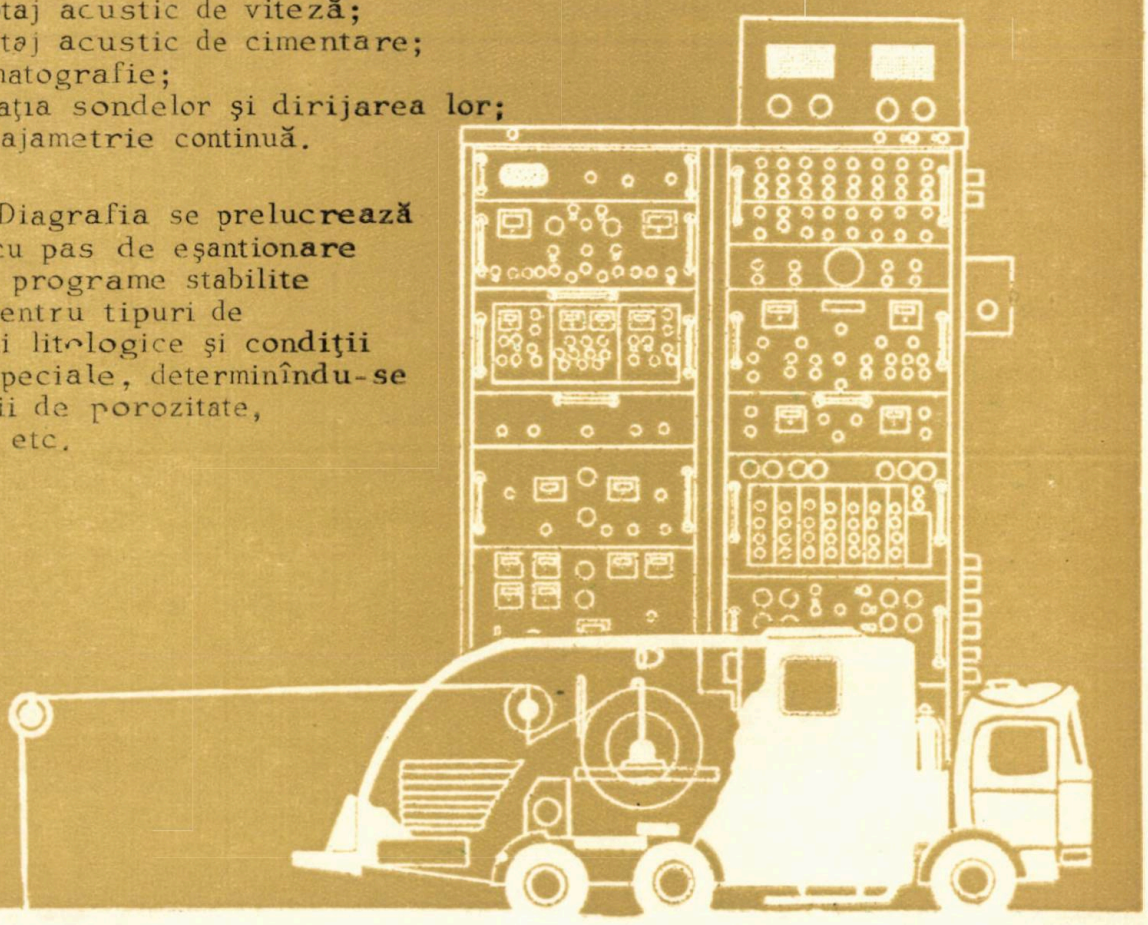
EXECUTA:

O gamă complexă de investigări geofizice de sondă pentru toate tipurile de sondă-referinţă, la presiuni şi temperaturi ridicate (1400 bar şi 175°C), precum şi prelucrarea cantitativă a diagrafiei la sistemul de calcul propriu pentru toate tipurile de formaţiuni.

Intreprinderea poate executa operaţiuni de investigare moderne, cum sînt:

- carotaj electric special;
- carotaj electric standard;
- microcarotaj;
- microlaterolog cuplat cu cavernometrie;
- cavernometrie;
- carotaj inductiv dual;
- dual laterolog;
- carotaj neutronic compensat;
- carotaj compensat de densitate;
- carotaj acustic de viteză;
- carotaj acustic de cimentare;
- cromatografie;
- deviaţia sondelor şi dirijarea lor;
- pandajametrie continuă.

Diagrafia se prelucrează automat cu pas de eşantionare 0,2 m cu programe stabilite special pentru tipuri de formaţiuni litologice şi condiţii tehnice speciale, determinîndu-se parametrii de porozitate, saturaţie etc.



# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL
Nr. 7 1989


MUSZAKI INFORMÁCIÓS IRODA 1893

## CUPRINS


*Fodor, D., Georgescu, M.* **Influenţa industriei miniere asupra mediului înconjurător şi redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (I)** 301

*Kheil, O.* **Despre unele tehnologii noi de valorificare a aurului din minereuri cu conţinut redus** 309

*Daday, Z., Rădulescu Elena, Nemeş, F.* **Grinzi drepte continue cu reazeme de nivel, în contact cu tavane orizontale de excavaţii miniere** 321

*Ulmanu, V., Zecheru, Gh., Drăghici, Gh., Marcu, M., Minescu, M., Ispas, V.* **Cercetări privind construcţia, fabricaţia şi utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu (III)** 323

*Pavel, A.* **Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie (I)** 333

*Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan* **Evoluţia debitului de injecţie a apei, la diferenţă de presiune constantă, într-un panou în cinci puncte** 338

*Rădulescu, V.* **Intervenţia sub presiune la sondele în erupţie naturală (II)** 343



### COLEGIUL DE REDACŢIE

Preşedinte: ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; vicepreşedinţi: dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; membri: ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, redactor.


## REZUMATE


C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *Influenţa industriei miniere asupra mediului înconjurător şi redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (I)*

În prima parte a lucrării se face o scurtă prezentare a dezvoltării industriei miniere şi se arată efectele acesteia asupra mediului înconjurător. În partea a doua sînt prezentate măsurile de prevenire şi combatere a efectelor negative şi se insistă pe lucrările necesare redării în circuitul economic a terenurilor degradate de industria minieră, precum şi pe experienţa României în acest sens.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7,1989

C.Z. 622.772

Kheil, O. *Despre unele tehnologii noi de valorificare a aurului din minereuri cu conţinut redus*

În lucrare se face o prezentare a unor noi tehnologii de extragere a aurului din minereuri, mai ales din acelea cu conţinut redus, utilizate industrial sau în curs de aplicare în diferite ţări.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622. 281.2 : 622.284.2

Daday, Z., Rădulescu Elena, Nemeş, F. *Grinzi drepte continue cu reazeme de nivel, în contact cu tavane orizontale de excavaţii miniere*

În ansamblul obişnuit de sarcini-reacţiuni, introducîndu-se şi reacţiunea tavanului, se prezintă consideraţii şi exemple de calcul privind comportamentul grinzilor continue în condiţii de subteran, cu evidenţierea diferenţelor faţă de grinzile similare neafectate de tavan.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.24.053(001.5)

Ulmanu, V. ş. a. *Cercetări privind construcţia, fabricaţia şi utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu* (III)

Lucrarea este destinată prezentării principalelor caracteristici privind rezistenţa la fisurare, comportarea la solicitări variabile, comportarea în medii corosive şi prelucrabilitatea prin aşchiere ale aliajelor pe bază de aluminiu, utilizate (pe plan mondial şi la noi în ţară) pentru confecţionarea prăjinilor de foraj.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie (I)*

În prima parte a lucrării se definesc indicatorii pericolului de explozie (IPE), iar în cea de-a doua se analizează următoarele surse ale iniţierii exploziilor: suprafeţele şi corpurile fierbinţi, încinse sau incandescente; flăcările (focul deschis şi gazele fierbinţi); energia termică; scînteile (mecanice); energia mecanică; energia şi instalaţiile electrice; circuitele electrice parazitare şi protecţia catodică; electricitatea statică; trăznetul; undele electromagnetice; radiaţiile ionizante; ultrasunetele; unda de şoc; reacţiile chimice; sudarea; sulfura de fier.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.276.43.001.5

Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *Evoluţia debitului de injecţie a apei, la diferenţa de presiune constantă, într-un panou în cinci puncte*

După prezentarea aspectelor teoretice, sînt redate rezultatele experimentale, pe un model Hele Shaw, corespunzător unui sfert dintr-un element de reţea în cinci puncte, care au furnizat elemente de comparaţie pentru evoluţia injectivităţii relative calculate.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.276.41:622.276.51

Rădulescu, V. *Intervenţia sub presiune la sondele în erupţie naturală (II)*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

# CONTENTS


C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *The influence of mining on the environment and the recultivation of degraded land (I)*

A short description of the development of the mining industry is made in the first part of the article, its effects on the environment being also pointed out. In the second half of the paper are presented the steps taken for the prevention and elimination of the negative effects, with special interest for the necessary actions for the recultivation of degraded land as well as the Romanian experience in this field.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.772

Kheil, O. *On some new technologies for the recovery of gold out of low grade minerals*

The article presents a number of new technologies for the recovery of gold out of minerals, especially low grade ones, which are used on a large scale or will be utilized shortly in different countries in the world.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.281.2 : 622.284.2

Daday, Zs., Rădulescu, E., Nemeş, F. *Continuous straight beams with level supports in contact with the flat roofs of mining excavations*

Within the usual aggregate of loads — reactions, also introducing the roof reactions, some considerations and calculus examples are presented, concerning the behaviour of continuous straight beams underground, stressing the differences from the similar beams which are not affected by the roof.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.24.053(001.5)

Ulmanu, V. et. al. *Research work concerning the design, manufacture and utilisation of aluminium alloys drilling rods (III)*

The article presents the main characteristics concerning the resistance to fissuring, the behaviour to variable stress values and in corrosive environments as well as the splintering processing of aluminium alloys which are being used (in the world as well as in this country) for drilling rods.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *The fundaments of antiexplosive protection and the division of explosion risk environments (I)*

In the first part of the article the indicators of explosion risk are defined and in the second the following sources for the explosion initiation are analysed : hot, burning or incandescent objects and their surfaces ; flames (open fire and hot gases) ; thermal energy ; sparks (mechanical) ; mechanical energy ; electrical power and installations ; parasite electrical circuits and cathodical protection ; static electricity ; lightning ; electromagnetic waves ; ionizing radiations ; ultrasounds ; shock waves, chemical reactions ; welding ; iron sulphide.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.276.43.001.5

Crețu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *The evolution of water injection flow, at a steady pressure difference, in a five point panel*

After presenting the theoretical aspects, the experimental data are mentioned, on a Hele Shaw model, corresponding to a five point network element, which have provided elements for the evolution of relative calculated injectivity.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

C.Z. 622.276.41 :622.276.51

Rădulescu, V. *The intervention under pressure to the natural eruption wells (II)*


# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 622.85: 622.883

Федор, Д., Джеорджеску, М. *Влияние горнодобывающей промышленности на окружающую среду и возвращение экономическому обороту нарушённых земель (I)*

В первой части работы кратко представлены развитие горнодобывающей промышленности и их последствия на окружающей среде. Во второй части представлены мероприятия для предупреждения и подовления отрицательных последствий, а также необходимые работы для возвращения нарушенных земель экономическому обороту и опыт Румынии в этой области.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, последствия, окружающая среда, нарушенные земли, мероприятия, опыт.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

УДК 622.772

Кайл, О. *О некоторых новых технологиях рационального использования золота из руд с сокращённым содержанием*

Представлены новые технологии для извлечения золота из руд с сокращённым содержанием.

Ключевые слова: технология, рациспользование, золото, руда.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

УДК 622.281.2 : 622.284.2

Дадай, З., Рэдулеску, Е., Немеш, Ф. *Неразрезные прямые балки с опорами на уровне в контакте с горизонтальными кровлями выработок*

В обычном ансамбле напряжение-сопротивление, вводив и сопротивление кровли, представлены соображения и примеры расчёта поведения неразрезных балок в подземных условиях, выявляя отличия от аналогичных балок, нарушённых кровлью.

Ключевые слова: балка, кровля, выработка, напряжение, сопротивление, расчёт, условие.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

УДК 622.24.053 (001.5)

Улману, В. и др. *Исследования конструкции, изготовления и использования бурильных штанг из алюминиевых сплавов (III)*

В работе представлены главные характеристики сопротивления фисурации, поведения при переменных напряжениях, при коррозионных и обрадатываемость резанием алюминиевых сплавов, используемых для изготовления бурильных штанг.

Ключевые слова: исследование, алюминиевые сплавы, напряжения, обрабатываемость.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

УДК 622.82.001.4

Павел, А. *Основы взрывобезопасности и зонирование взрывоопасных сред (I)*

В первой части работы обосновывают показатели взрывоопасности (ПРЕ), а второй анализированы следующие источники взрывов: погорячие, расколённые поверхности и тела; плами (открытый огонь и горячие газы); термическая энергия; искры (механические); механическая энергия; энергия и электрические установки; паразитные электрические цепи и катодная защита; статическая электричность; молния; электромагнетические волны; ионизирующие излучения; ультразвуки; ударная волна; химические реакции; сварка; сульфид железа.

Ключевые слова: взрывобезопасность, среда, показатель, горячие тела, искры, электрическая цепь.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

УДК 622.276.43.001.5

Крецу, И., Массоуд Нагзгоое Кохан *Эволюция инъекционного водяного дебита на разности постоянного давления в панеле в пяти точках*

После теоретических данных представлены экспериментальные результаты на модели Хеле шав, соответственно четверти элемента сети в относительной разчётной инъективности.

Ключевые слова: дебит, инъекция, постоянное давление, панель, результаты.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

УДК 622.276.41 :622.276.51

Рэдулеску, В. *Работы под давлением при естествеом извержении скважин (II)*

## SOMMAIRE

C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *L'influence de l'industrie minière sur le milieu ambiant et la réintroduction dans le circuit économique des terrains dégradés (I)*

Dans la première partie de l'ouvrage on fait une courte présentation du developpement de l'industrie minière et on montre les effets de celle-ci sur le milieu ambiant. Dans la seconde partie on présente les mesures de prévention et combat contre les effets négatifs et on insiste sur les travaux nécessaires pour la réintroduction des terrains dégradés par l'industrie minière dans le circuit économique, de même que l'experience de la Roumanie dans ce sens.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.772

Kheil, O. *Sur certaines technologies nouvelles de valorisation de l'or des minerais à teneur réduite*

Dans l'ouvrage on fait une présentation de certaines technologies nouvelles d'extraction de l'or des minerais, surtout de ceux à teneur réduite, utilisées dans l'industrie ou en cours d'application dans différents pays.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.281.2 : 622.284.2

Daday, Zs., Rădulescu, E., Nemeş, F. *Poutres droits continus avec des supports de niveau en contacte avec des toits horizontaux d'excavations minières*

Dans l'ensemble habituel de charge — réaction, en introduisant aussi la réaction du toit, on présente des considérations et des exemples de calcul concernant le comportement des poutres continus dans les conditions du souterrain, en mettant en évidence les différences en comparaison avec les poutres similaires, pas affectés par le toit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.24.053(001.5)

Ulmanu, V. et al. *Recherches concernant la construction, fabrication et utilisation des tiges de forage en alliages d'aluminium (III)*

L'ouvrage est destiné à la présentation des principaux traits caractéristiques concernant la résistence à la fissuration, le comportement aux sollicitations variables, le comportement dans des milieux corrosifs et la possibilité d'usinage des alliages à base d'alluminium utilisés (dans le monde et en Roumanie) à la fabrication des tiges de forage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Les fondaments de la protection antiexplosive et la division en zones des milieux à péril d'explosion (I)*

Dans la première partie on définie les indicateurs du péril d'explosion (IPE), et dans la seconde on analyse les sources suivantes de l'initiation des explosions : les surfaces et les corps brûlants, sûrchauffés ou incandescents ; les flames (le feux ouverts et les gas chauds) ; l'énergie thérmique ; les étincelles (mécaniques) ; l'énergie et les installations electriques ; les circuits electriques parasitaires et la protection cathodique ; électricité statique ; le foudre ; les ondes electromagnétiques ; les radiations ïonisantes ; les ultrasons ; l'onde de choque ; les réactions chimiques ; la soudure ; la sulfure de fer.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.276.43.001.5

Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *L'évolution du débit d'injection de l'eau, à la différence de pression constante, dans un panneau en cinq points*

Après la présentation des aspects théoriques on présente les résultats experimenteaux sur un modèle Hele Shaw, correspondant à un quart d'un élément de réseau en cinq points, qui on fourni des éléments de comparaison pour l'évolution de l'injéctivité relative calculée.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.276.41 :622.276.51

Rădulescu, V. *L'intervention sous pression aux puits en éruption naturelle (II)*

---

## INHALT

C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *Der Einfluss des Bergbaus auf die Umwelt und die Wiedergabe der abgebauten Geländen zum Wirtschaftskreis (I)*

In dem ersten Teil des Artikels wird eine kurze Vorstellung der Entwicklung des Bergbaus gemacht und seine Einflüsse auf die Umwelt werden gezeigt. In dem zweiten Teil werden Vorbeugungs— und Bekämpfungsmassnahmen für die negativen Wirkungen vorgestellt, wobei, insbesondere die zur Wiedergabe der abgebauten Geländen zum Wirtschaftskreis erforderlichen Arbeiten und Rumäniens Erfahrung in diesem Bereich betont werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.772

Kheil, O. *Über einige neuen Extraktionstechnologien, für minderwertigen Erze*

In dem Artikel werden einige neuen Extraktionstechnologien, insbesondere aus minderwertigen Erzen vorgestellt, welche in verschiedenen Ländern in Entwicklung oder schon industriell angewandt sind.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.281.2 : 662.284.2

Daday, Zs., Rădulescu, E., Nemeş, F. *Gerade, kontinuierliche Träger mit Höhenlagern in Berührung mit söhligen Hangenden der Abbauhohlraumen*

In dem üblichen Zusammenhang : Beanspruchung — Widerstand wird auch der Hangendwiderstand eingeführt. Betrachtungen und Berechnungsbeispiele betreffend das Verhalten der kontinuierlichen Träger in untertägigen Bedingungen, mit Auszeichnung der Unterschiede gegenüber die ähnlichen, von Hangenden nicht beeinflüssten Träger, werden vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.24.053 (001.5)

Ulmanu, V. et al. *Forschungen betreffend die Konstruktion, Fertigung und Anwendung der Bohrstangen aus Aluminiumlegierungen (III)*

Der Beitrag stellt die Hauptcharakteristiken der (in unserem Lande und weltweit), für die Herstellung von Bohrstangen verwendeten Aluminiumlegierungen, wie : Bruchwiderstand, Verhalten unter unterschiedlichen Beanspruchungen, Verhalten in korrosiven Medien und spanabhebende Bearbeitbarkeit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 621.82.001.4

Pavel, A. *Die Grundlagen des Explosionsschutzes und die Zonierung der explosionsgefährdeten Medien (I)*

In dem ersten Teil des Artikels werden die Kennziffern des Explosionsgefahrs (IPE) definiert und in dem zweiten werden die folgenden Quellen der Explosionseinleitung überprüft : die heissen, feuerigen und glühenden Oberflächen und Körper ; die Flammen (offenes Feuer und heisse Gase) ; die thermische Energie ; die Funken (mechanische) ; die mechanische Energie ; die elektrische Energie und Anlagen ; die parasitäre elektrischen Kreise und der kathodische Schutz die statische Elektrizität ; der Blitzschlag ; die elektromagnetischen Wellen ; die ionisierenden Strahlungen ; die Stossweil ; die chemischen Reaktionen ; das Schweissen ; die Eisensulphid.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.276.43.001.5

Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *Die Entwicklung der Injektionswassermenge, bei konstau ter Druckdifferenz in einem 5 — pünktigen Feld*

Nach der Vorstellung der theoretischen Aspekte werden auf einem Hele Shaw Model din esperimentelle Ergebnisse für ein Viertel eines 5 — pünktigen Netzelementes wiedergegeben. Davon werden Vergleichsangaben für die Entwicklung der relativen errechneten Einpressbarkeit entnommen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 7, 1989

---

C.Z. 622.276.41 :622.276.51

Rădulescu, V. *Eingriff under Druck bei den Eruptionsbohrungen (II)*

# Simpozionul național tehnico-științific în domeniul minereurilor de la Baia Mare

Ministerul Minelor, Centrala Minereurilor Baia Mare, Institutul de Cercetări și Proiectări ICITPMN Baia Mare și Consiliul județean al sindicatelor Maramureș au organizat, în perioada 23—25 mai a.c., la Baia Mare, Simpozionul național cu tema *Tehnologii noi și perfecționate pentru valorificarea superioară, cu eficiență sporită a zăcămintelor de minereuri neferoase*, dezbatere largă și de înaltă ținută, în lumina hotărîrilor Congresului al XIII-lea al P.C.R., a sarcinilor și indicațiilor date de secretarul general al partidului, tovarășul **Nicolae Ceaușescu**.

La lucrările simpozionului au participat specialiști-mineri, preparatori, electromecanici și cercetători din toate unitățile din ramurile minereurilor neferoase și nemetalifere, specialiști din cadrul Inspecției de Stat Geologice și Miniere, precum și cadre didactice din institutele de învățămînt superior din centrele universitare București, Cluj-Napoca, Timișoara, Petroșani, Iași și Baia Mare.

Lucrările simpozionului s-au desfășurat în plen și pe trei secțiuni : minerit ; preparare și mecanizare-automatizare La mesele rotunde organizate în cadrul celor trei secțiuni la Mina Herja, Flotația Centrală și respectiv Uzina de Utilaj Minier și Reparații au fost dezbătute problemele desprinse din referatele prezentate, preocupările și principalele orientări în activitatea viitoare, realizîndu-se un bogat și util schimb de experiență.

Participanții la simpozion au dat o înaltă apreciere conținutului comunicărilor prezentate, modului de organizare și eficienței acestuia, în sensul că s-au desprins principalele direcții de desfășurare în viitor a lucrărilor miniere de preparare și mecano-energetice.

Ing. **M. Ene**

# Simpozion Creativitatea tehnică la Combinatul Minier Cluj

Ancorat în contextul general de industrializare a țării, Combinatul Minier Cluj a beneficiat, în cele aproape patru decenii ale existenței sale, de importante investiții din fondul centralizat al statului, înregistrînd o dinamică de dezvoltare, contribuind în prezent la extracția și valorificarea minereurilor de fier și nemetalifere pe raza a șase județe — Cluj, Bihor, Sălaj, Bistrița-Năsăud, Maramureș și Arad. În toată această perioadă a existenței sale, în special în ultimul deceniu, introducerea progresului tehnic, prin stimularea creativității tehnice proprii a constituit o preocupare constantă a colectivelor de muncitori, maiștri, tehnicieni și ingineri, acordîndu-se prioritate dezvoltării intensive a capacităților de producție, valorificării superioare a rezervelor de substanțe minerale utile, sporirii eficienței întregii activități.

În acest context s-a organizat și desfășurat, în intervalul 23—25 mai a.c., „Simpozionul Creativitatea tehnică la Combinatul Minier Cluj", cu concursul Centralei Sării și Nemetaliferelor, la care, alături de specialiști din cadrul combinatului, au participat cadre de conducere și specialiști din centrala respectivă și din toate unitățile din subordinea acestora. Prin audierea expunerilor, dezbaterilor în plen și pe secțiuni și vizitele documentare la unele unități reprezentative ale combinatului, participanții la simpozion au efectuat un larg schimb de experiență și au luat cunoștință despre realizările și preocupările colectivelor de oameni ai muncii din Combinatul Minier Cluj în domeniile cercetării tehnologice uzinale, introducerii progresului tehnic, perfecționării, organizării și modernizării proceselor tehnologice de extracție și preparare a substanțelor minerale utile din profilul combinatului.

În cadrul simpozionului s-au prezentat 70 de comunicări tehnico-științifice grupate pe patru secțiuni (geologie ; exploatări miniere ; preparare ; electronică și automatizări).

Un larg și fructuos schimb de experiență s-a realizat și în cadrul unor vizite documentare, finalizate cu un valoros schimb de informații cu ocazia meselor rotunde.

Participanții la dezbateri și la vizitele documentare au apreciat valoarea științifică și practică a comunicărilor, importanța schimbului de experiență realizat și eforturile organizatorilor pentru buna desfășurare a simpozionului.

**Gh. Divrician**

★

În perioada 7—9 iunie 1989, la Combinatul Minier Gura Humorului, a avut loc un schimb de experiență privind proiectarea executarea și exploatarea iazurilor de decantare din industria minieră. Au participat specialiști din Ministerul Minelor, Centrala Minereurilor Baia Mare, Centrala Minereurilor Deva, Centrala Sării și Nemetaliferelor București, Combinatul Minier Valea Jiului, Institutul Politehnic București, Universitatea București, Institutul de Cercetări Hidrotehnice București, Filiala ICAS Timișoara.

În afara comunicărilor susținute și a dezbaterilor, specialiștii au vizitat iazurile de decantare Tărnicioara, de pe lîngă Uzina de preparare Tarnița, Arieș și Valea Glodului, de pe lîngă Mina Rodna-Făget.

Acest schimb de experiență a avut ca scop îmbunătățirea activității de proiectare, construire și exploatare a iazurilor de decantare, precum și mărirea indicelui de încărcare pe metru pătrat, în vederea atingerii unor capacități de depozitare a sterilului de flotație tot mai mari, în condiții de stabilitate sporită a iazurilor de decantare, fapt ce conduce la micșorarea suprafețelor de teren afectate acestei activități.

Ing. **C. Floren-Gabrian**

# Influența industriei miniere asupra mediului înconjurător și redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (I)

Prof. dr. ing. **D. Fodor**, șef lucr. dr. ing. **M. Georgescu**
Institutul de Mine Petroșani

## I. Dezvoltarea industriei miniere pe plan mondial și național

Produsele industriei miniere (minereuri, cărbuni, materiale de construcții etc.) constituie baza industriei moderne, fără de care nu pot fi concepute tehnica și civilizația actuală.

Industria minieră are o influență puternică asupra vieții economice și — ca urmare — astăzi mineritul se află într-o perioadă de profunde transformări din punct de vedere cantitativ și calitativ, precum și al condițiilor de exploatare.

Diverse studii și statistici, făcute la nivel mondial, arată că la aproximativ zece ani producția industriei miniere se dublează. Acest lucru se datorește consumului din ce în ce mai mare de substanțe minerale utile pe cap de locuitor și faptului că, pe măsură ce trece timpul, sînt puse în exploatare zăcăminte de substanțe minerale utile cu conținuturi din ce în ce mai reduse.

Studii de ansamblu elaborate cu privire la dezvoltarea viitoare a activității miniere mondiale au condus la concluzia că această activitate este și se va menține în creștere, ritmul mediu de dezvoltare va fi de circa 3,2% pe an, pentru exploatările subterane, și de 6,2% pe an, pentru cele la zi.

Mecanizarea accentuată a diverselor operații și crearea utilajelor de mare capacitate au permis extinderea exploatării prin lucrări miniere la zi, unde se pot obține productivități incomparabil mai mari decît în subteran, ceea ce permite exploatarea zăcămintelor mari chiar cu conținuturi mici și foarte mici de componenți utili.

Industria minieră în România cunoaște o dezvoltare continuă și accentuată. Ritmul mediu al dezvoltării ei este de circa 8,5%, ceea ce reprezintă o dinamică de aproape trei ori mai mare decît cea înregistrată pe plan mondial. Se evidențiază creșteri apreciabile (de 6—90 ori) ale extracției la produsele de bază, precum și producerea unor sortimente și produse noi : cărbuni spălați pentru cocs cu un conținut scăzut de cenușă (8,5%), concentrate de minereuri de fier, minereuri și concentrate de metale rare, produse nemetalifere cu conținuturi mari în util (grafit, barită etc.), fin măcinate sau cu un grad ridicat de alb etc. De asemenea, dezvoltarea se referă la creșterea ariei activității miniere în noi zone ale țării.

Așa cum rezultă din programele privind dezvoltarea României socialiste, industriei miniere îi vor reveni și în continuare sarcini deosebite privind acoperirea integrală a nevoilor economiei noastre cu necesarul de combustibili și substanțe minerale.

## II. Efectele industriei miniere asupra mediului înconjurător

Mediul înconjurător este un sistem complex, dar unitar, format dintr-un număr foarte mare de elemente și legături, avînd o anumită capacitate de autoreglare și în care factorul cel mai activ îl reprezintă comunitățile omenești.

Elementele de bază ale mediului înconjurător sînt solul, apa și aerul, ele constituind suportul material al întregului sistem.

Industria minieră exercită asupra mediului înconjurător o influență variată și complexă, ea manifestîndu-se în toate fazele procesului minier și de prelucrare.

Oricare ar fi metoda aplicată, pentru valorificarea unui zăcămînt sînt necesare întotdeauna numeroase și diferite operații de ordin fizic și chimic. Din toate aceste operații rezultă, pe de o parte, substanța minerală utilă, iar, pe de altă parte, materia sterilă, inutilă la data extragerii.

De cele mai multe ori utilul din minereurile brute reprezintă un procent redus din masa totală. În cazul multor zăcăminte de minereuri neferoase și chiar nemetalifere, valorificabile, conținutul de substanță utilă curată este de pînă la 5—6%. Extragerea, în prezent, a unor zăcăminte din ce în ce mai sărace se poate aprecia că va reduce și mai mult procentul de util din minereul brut. La cărbunii bruți partea utilă se găsește în proporții mai mari, în funcție de conținutul de cenușă și de umiditatea acestora. Așadar, o dată cu creșterea cantităților de substanțe minerale utile extrase și prelucrate anual, cresc și cantitățile de reziduuri rezultate în urma prelucrării, la care se adaugă și cantitățile de roci sterile rezultate din lucrările miniere subterane, dar în special din coperta zăcămintelor exploatate în carieră.

În condițiile țării noastre se evaluează, la nivelul unui cincinal, acumularea a peste 1 miliard tone de reziduuri solide rezultate din industria minieră și, apreciind participarea României la producția minieră mondială, se poate contura destul de bine problema reziduurilor solide pe mapamond.

Pe lîngă reziduurile solide, rezultă însă și deșeuri lichide și gazoase în cantități impresionante. Cantitativ, acestea depășesc de mai multe ori pe cele solide; apele reziduale, de exemplu, se află în raportul 3 : 1 pînă la 20 : 1 față de minereurile prelucrate.

Reziduurile gazoase sub formă de pulberi, gaze și vapori provin din toate sectoarele industriei miniere. Mai frecvent întîlnite sînt dioxidul de sulf, hidrogenul sulfurat, fluorul, oxizii de azot ș.a. Acești poluanți pot persista în atmosferă zile și chiar ani pînă cînd sub influența radiațiilor solare ultraviolete sau a oxigenului din aer ajung, în final, la structuri mai puțin reactive (tab. 1). Sub acțiunea curenților

*Tabelul 1*

**Evacuarea și persistența în atmosferă a unor poluanți**

| Poluantul | Persistența | Mecanismul de îndepărtare |
|---|---|---|
| $CO_2$ | 4 ani | Fotosinteză și absorbție în apa mărilor |
| CO | 3 ani | Puțin cunoscute |
| $SO_2$ | 4 zile | Oxidare și transformare în sulfați și absorbția de către aerosoli |
| NO, $NO_2$ | 5 zile | Oxidare și transformare în nitrați |
| $N_2O$ | 1–3 zile | Disociere fotochimică în stratosferă și acțiune biologică în sol |
| $NH_3$ | 2 zile | Oxidare și transformare în $NO_2$ și reacție cu $SO_2$ pentru a forma $(NH_4)_2SO_4$ |
| $H_2S$ | 2 zile | Oxidare și transformare în $SO_2$ |
| Hidrocarburi | 16 ani | Reacții fotochimice cu NO, $NO_2$, O |

de aer, poluanții gazoși sînt transportați pe distanțe mari, de sute de kilometri, care pot chiar depăși granițele țării care îi produce (fig. 1).

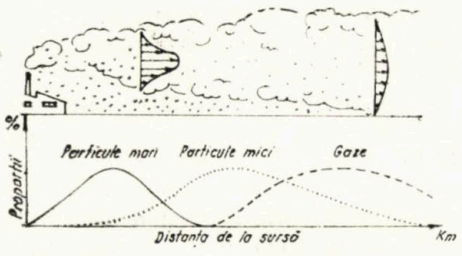



Fig. 1. Răspîndirea poluanților gazoși în atmosferă, în funcție de distanța de la sursa de poluare.

Indiferent de starea lor de agregare, aceste reziduuri afectează toate componentele mediului înconjurător : pămînt, apă, aer.

O categorie aparte, care influențează în mod foarte nefavorabil mediul înconjurător, o formează : zgomotele, vibrațiile și radiațiile. Zgomotele puternice se produc în toate sectoarele industriei miniere, ele fiind rezultatul utilizării explozivilor și al funcționării diverselor utilaje. Vibrațiile și trepidațiile sînt generate de aceleași cauze ca și zgomotele.

Prin caracteristicile sale fizice, poluarea acustică produce organismului uman și, în general, tuturor viețuitoarelor o serie de efecte variate atît sub aspect fiziologic, cît și psihologic (fig.2).

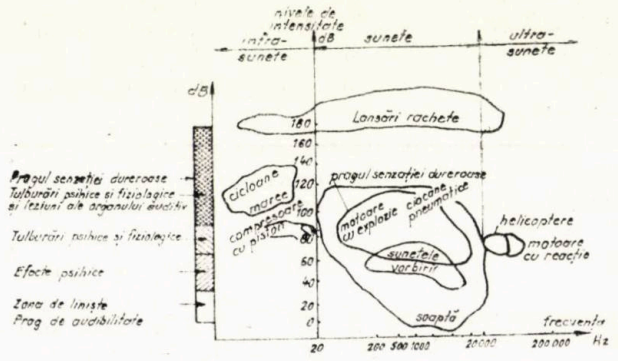



Fig. 2. Nivelurile de intensitate și efectele nocive ale poluării acustice.

Radiațiile produse de minereurile radioactive în timpul exploatării, stocării și prelucrării lor au o puternică acțiune nocivă asupra viețuitoarelor. De asemenea, deșeurile (solide, lichide sau gazoase) rezultate din prelucrarea acestei categorii de minereuri emit un timp îndelungat radiații.

În tabelul 2 se prezintă o clasificare a categoriilor de influențe ale industriei miniere asupra mediului înconjurător din diferite puncte de vedere.

Toate aceste influențe ale industriei miniere se manifestă asupra mediului înconjurător prin forme și modalități variate, dintre care cele mai importante sînt prezentate în cele ce urmează.

1. *Ocuparea temporară sau definitivă a unor suprafețe de teren cu afectarea de multe ori a hidrogeologiei și reliefului adiacent*

Ca urmare a extinderii ariei preocupărilor, industria minieră, în general, dar, mai ales, exploatările la zi ocupă suprafețe întinse de teren necesare perimetrelor de exploatare, haldelor exterioare, amplasării incintelor miniere, drumurilor de acces etc. În funcție de locul de amplasare a acestora, se scot din circuitul agricol și silvic însemnate suprafețe de teren arabil, pășuni, livezi, păduri etc.

*Tabelul 2*

**Clasificarea surselor de influenţe după starea de agregare şi provenienţă**

| Surse de influenţe | Provenienţa | | |
|---|---|---|---|
| | Exploatarea propriu-zisă | Prelucrarea s.m.u. | Extragerea sau întrebuinţarea utilului prelucrat |
| Reziduuri solide | Sterilul din mină sau carieră<br>Şisturi argiloase şi cărbune<br>Minereuri sărace şi neprelucrabile la data exploatării | Ganga minereurilor prelucrate<br>Şisturi şi şlam de cărbune | Zguri de topire şi de rafinare (metalurgia Pb şi Sn), de distilare (metalurgia Zn) de prăjire (piritele)<br>Resturi de la leşiere (Al, Zn), cianurare (Au, Ag)<br>Nămoluri de la electroliză<br>Cenuşi zburătoare din instalaţiile de captare şi zgurile topite de la termocentralele care folosesc cărbuni |
| Reziduuri lichide | Ape de mină<br>Ape din cariere | Ape reziduale de la prepararea s.m.u. (cărbuni şi minereuri metalifere, nemetalifere şi radioactive) | Ape de la cocsificarea şi semicocsificarea cărbunilor<br>Ape uzate din procesele siderurgice şi metalurgice<br>Ape uzate de la termocentrale (transportul hidraulic al zgurii şi cenuşii) |
| Reziduuri gazoase | Aer viciat cu gaze de mină, cu gaze provenite din detonarea explozivilor, de la focurile subterane, cu vapori de apă şi praf | Aer viciat încărcat cu praf de cărbune şi minereuri, cu vapori de reactivi, cărbuni cu pulberi radioactive etc. | Aer poluat cu fumul şi gazele de la furnalele siderurgice, de la termocentrale, de la cocserii, de la electroliză, de la prăjirea minereurilor de mercur etc.<br>Aer poluat cu fum şi gazele rezultate de la arderea haldelor |
| Zgomote şi vibraţii | Zgomotele şi vibraţiile de la explozii<br>Zgomotele şi vibraţiile din funcţionarea utilajelor miniere (ventilatoare, compresoare, perforatoare, foreze, excavatoare, funcţionarea instalaţiilor de transport (funiculare, auto, cale ferată şi benzi transportoare) | Zgomote şi vibraţii produse de funcţionarea utilajelor din instalaţii (concasoare, mori, şteampuri, suflante) şi de la mijloacele de transport folosite în uzinele de preparare | Zgomote şi vibraţii produse de funcţionarea instalaţiilor de la furnale şi de la mijloacele de transport |
| Radiaţii | Emanaţii radioactive (în minele de minereuri radioactive şi în depozitele de la suprafaţă) | Emanaţii radioactive în instalaţiile de prelucrare a minereurilor radioactive | Emanaţii radioactive în procesele hidrometalurgice pentru prelucrarea minereurilor radioactive |

Deşi nu sînt efectuate statistici certe pe plan mondial privind ocuparea terenurilor de către industria minieră, se poate aprecia că suprafeţele scoase din circuitul economic sînt din ce în ce mai mari, dar acestea sînt totuşi reduse în comparaţie cu cele necesare instalaţiilor industriale sau de transport.

În exploatările la zi de lignit, lucrările de asecare duc la coborîrea nivelului pînzei freatice nu numai din perimetrele acestora, ci şi de pe suprafeţe mai întinse, care afectează uneori sursele de alimentare cu apă ale întreprinderilor şi localităţilor vecine, din avalul carierelor.

O dată cu deplasarea fronturilor de lucru în cariere, dispar cîmpiile din lunci şi dealurile împădurite din zonele colinare, iar haldele de steril, în faza iniţială, constituie o degradare a peisajului.

2. *Poluarea atmosferei şi a apelor de la suprafaţă şi din subteran*

Industria minieră, fie în mod direct prin exploatarea propriu-zisă, fie indirect prin instalaţiile de preparare şi prelucrare a substanţelor minerale utile, produce elemente poluante pentru aer şi ape.

În cazul mineritului subteran, vicierea atmosferei este practic nulă, deoarece concentraţia de praf a aerului de mină, ca urmare a efectului de autoepurare prin condensare pe susţine-

rea lucrărilor miniere de aeraj, în general nu depășește normele pentru aerajul industrial. În schimb exploatările la zi (carierele propriu-zise și haldele de steril) pot produce serioase impurificări cu praf ale atmosferei, mai ales în perioadele secetoase și în timpul vînturilor puternice. Un efect defavorabil asupra mediului înconjurător îl au haldele sub formă de tericoane care, uneori, ard ani de zile.

Uzinele de preparare sînt surse de poluare cu praf a atmosferei, iar termocentralele degajă în mediul ambiant mari cantități de sulf sub forma de bioxid de sulf, care este considerat principala substanță dăunătoare din aer. Aproape jumătate din cantitățile de $SO_2$ din atmosferă provin din arderea cărbunilor în centralele termoelectrice.

Apele din industria minieră au calități diferite și prin deversarea lor în emisari pot conduce la deteriorarea calității apei, precum și la distrugerea florei și faunei. De multe ori, apele de mină conțin mulți impurificatori cu un conținut ridicat de cloruri, sulfați, sulfuri etc., avînd și un caracter puternic acid.

Apele debușate din instalațiile de preparare sînt cele mai impurificate cu : fenoli, ioni de metale grele (Fe, Cu, Zn, Mn, Hg etc.), xantați, produse petroliere, săruri de metale alcaline și alcalino-pămîntoase etc.

De aceea s-au făcut și se fac mari eforturi financiare pentru dotarea uzinelor de preparare din țara noastră cu instalațiile necesare pentru tratarea și depoluarea apelor reziduale.

3. *Degradarea parțială sau totală a solurilor și a peisajului*

Exploatările miniere subterane afectează mai mult sau mai puțin, în funcție de natura rocilor, adîncimea la care se desfășoară lucrările și metoda de exploatare aplicată, terenurile de la suprafață, construcțiile și instalațiile aflate în zonă. Deformațiile care apar (crăpături, alunecări, deformări, scufundări) afectează perimetrele construite, conductele de toate tipurile, cablurile, șoselele, liniile de înaltă tensiune, căile ferate, construcțiile hidrotehnice, solul fertil și, o dată cu aceasta, dezvoltarea normală în continuare a florei și activităților din zonă. În plus, prezența acestor deformații transformă peisajul respectiv, dîndu-i un aspect dezolant.

Se cunosc cazuri cînd exploatările subterane au dus la scufundări de teren de pînă la 15—20 m pe mari suprafețe. Asemenea situații se constată și în țara noastră, exemplificate prin pîlniile de scufundare care au apărut la suprafața unor mine ca Deva, Șuior, Baia de Arieș ș.a.

O altă formă sub care se manifestă influența nefavorabilă a exploatărilor subterane asupra mediului este ocuparea cu halde a suprafețelor de teren și scoaterea acestora fie temporar, fie pe o durată mai mare de timp din circuitul economic, ca urmare a depozitării sterilului provenit din săparea lucrărilor miniere și de la uzinele de preparare.

În scopul reducerii ocupării de teren agricol, haldele sînt amplasate pe terenuri improprii agriculturii și totodată într-un mod care să influențeze cît mai puțin mediul înconjurător. În cazul unei amplasări necorespunzătoare, haldele au o tendință de alunecare și devin un pericol pentru zonele locuite adiacente.

Literatura de specialitate consemnează multe exemple de accidente și chiar catastrofe produse din cauza alunecării haldelor din diverse zone miniere ale lumii.

Exploatările miniere la zi au, din acest punct de vedere, și ele o influență mare. Îndepărtarea solului vegetal de pe suprafețele viitoarelor cariere, chiar dacă se face cu cea mai mare grijă, duce la degradarea lui din punct de vedere fizic și chimic. În general, exploatarea la zi duce la schimbarea reliefului regiunii. La noi în țară astfel de schimbări se observă în bazinele miniere Rovinari, Motru, Jilț, Roșia Poieni ș.a.

4. *Schimbarea condițiilor hidrografice*

Atît exploatările miniere la zi, cît și construcțiile și instalațiile de la suprafață aferente incintelor miniere (subterane sau ale carierelor) impun adesea schimbări hidrogeografice importante în zonă prin devierile unor cursuri de apă sau executarea unor lucrări hidrotehnice speciale.

Astfel, în bazinul Olteniei a fost necesară devierea cursurilor rîurilor Jiu, Tismana, Jilț și Motru pe lungimi între 5 și 40 km, precum și executarea unor baraje de retenție și atenuare.

Asemenea lucrări au fost executate și în alte bazine miniere din țara noastră prin dirijarea și acumularea apelor din cursurile superioare ale unor rîuri (în Munții Apuseni, Munții Poiana Ruscă ș.a.).

5. *Schimbarea condițiilor sociale ale locuitorilor din regiunile afectate de exploatările miniere*

Aceste schimbări se datoresc în special exploatărilor miniere la zi și constau în strămutările de localități. Astfel, în bazinul Olteniei au fost mutate localitățile Bălăcești, Ceauru, Rovinari și Stejărei și au apărut localități noi, ca : satele Bălești și Drăguțești, orașele Motru, Rovinari și Mătăsari, ce vor cunoaște și în viitor o dezvoltare susținută. O dată cu extinderea exploatărilor la zi din acest bazin, urmează să mai fie strămutate și alte sate, apărînd totodată pe harta județului noi localități cu construcții moderne și toate utilitățile necesare.

6. *Poluarea acustică*

Zgomotul produs de utilajele și instalațiile miniere deranjează destul de frecvent mediul înconjurător. De asemenea, zgomotul produs în urma împușcărilor masive din cariere, generatoare și de efecte seismice importante, constituie o sursă de poluare sonoră.

### III. Prevenirea și combaterea efectelor negative ale industriei miniere

Prevenirea și combaterea influențelor dăunătoare ale industriei miniere asupra mediului înconjurător sînt stipulate în diverse legi și acte normative elaborate în toate țările lumii cu industrie minieră dezvoltată.

Oricît ar fi de importante acțiunile cu caracter internațional relative la protecția mediului înconjurător și aspectele care, din acest punct de vedere, interesează relațiile dintre state, măsurile de protejare a naturii privesc, în primul rînd, fiecare țară în parte.

Limitîndu-ne numai la industria minieră, este de observat că unele sectoare ale ei cu vechime mare (exploatări aurifere și carbonifere), dar cu activitate mult amplificată în ultimele decenii, nu au fost de la început preocupate în măsură cuvenită de protecția mediului înconjurător.

Ca urmare, pe lîngă preocupările în legătură cu protecția mediului, care apar pe teritoriul țării noastre o dată cu realizarea noilor obiective miniere (Călimani, Roșia Poieni, Moldova Nouă etc.), se adaugă, ca acțiune importantă, lichidarea sau diminuarea efectelor din trecut, produse prin exploatarea nerațională a bogățiilor de substanțe minerale utile cu influențe nefavorabile asupra factorilor de mediu.

Ca un corolar de înaltă responsabilitate a epocii socialiste față de natură, în România s-a elaborat un întreg sistem de legi și au fost create organisme care să ducă la ocrotirea resurselor sale naturale, inclusiv aerul, apa, pămîntul, flora și fauna.

Pentru asigurarea prevenirii și combaterii degradării factorilor de mediu, statul a inițiat acțiuni adecvate, ca: măsuri legislative corespunzătoare, afectarea mijloacelor materiale necesare, dezvoltarea planificată rațională a întregii industrii (inclusiv a celei miniere) și, nu în ultimul rînd, acțiuni extinse de educare, sub diverse forme, a populației.

Măsurile legislative vizează atît crearea unui cadru propice desfășurării activității organelor de stat cu atribuții în domeniul ocrotirii mediului, cît și stabilirea obligațiilor ce revin persoanelor juridice și celor fizice în ce privește prevenirea degradării factorilor de mediu și înlăturarea efectelor dăunătoare ale poluării, precum și sancțiunile aplicabile în cazul nesocotirii acestor obligații.

Legile nr. 9/1973, 8/1974, 58/1974, 59/1974, la care se adaugă o serie de decrete ale Consiliului de Stat și hotărîri ale Consiliului de Miniștri, conțin prevederi care se referă la protecția diferiților factori ai mediului înconjurător și, deci, au legătură directă cu industria minieră care, așa după cum s-a arătat, produce reziduuri care pot degrada acești factori.

Pe lîngă cele menționate mai sus, mai există diverse alte normative legale în același scop, cum sînt:

- standardele (de ex. STAS 4706—74 se referă la calitatea apei din resursele de suprafață; STAS 9779—82 cu prescrieri pentru limitarea efectelor negative ale zgomotului asupra omului; STAS 12574—87 impune condițiile de calitate a aerului din zonele protejate);
- normele Ministerului Minelor, Ministerului Muncii și Ministerului Sănătății (de ex. Normele departamentale de protecție a muncii în activitatea minieră; Normele republicane de protecție a muncii în exploatările miniere la zi; Normele republicane de securitate nucleară pentru activitățile de cercetare geologică, extracție și prelucrare a materiilor prime nucleare);
- instrucțiunile referitoare la anumite activități poluante ale industriei miniere (de ex. Instrucțiuni departamentale privind proiectarea, realizarea și conservarea haldelor; Instrucțiuni tehnice departamentale privind proiectarea, executarea, întreținerea și exploatarea iazurilor de decantare din industria minieră etc.).

Pentru punerea în aplicare a prevederilor legale și supravegherea modului cum acestea sînt îndeplinite, s-au creat organisme centrale a căror activitate se exercită și asupra industriei miniere, cum sînt: Consiliul Național pentru Protecția Mediului Înconjurător și Consiliul Național al Apelor. În cadrul Consiliului Național pentru Protecția Mediului Înconjurător există mai multe comisii de specialitate, între care se află comisia pentru protecția solului și subsolului, comisia pentru protecția așezărilor omenești etc. Pe lîngă acest consiliu s-au înființat și comisii pe plan local, care îndrumă și coordonează activitatea în acest domeniu pe raza teritoriului administrativ al județelor. Comisiile au o dublă subordonare, atît față de Consiliul Național, cît și față de comitetele executive ale consiliilor populare județene.

Pe lîngă acestea, în cadrul Ministerului Minelor, Ministerului Petrolului și Centralei-Departament a Geologiei există servicii speciale ale căror sarcini constau în urmărirea protecției mediului înconjurător față de activitățile miniere ale întreprinderilor din subordine. De asemenea, în întreprinderile miniere sînt încadrați specialiști sau funcționează comparti-

mente pentru aplicarea măsurilor de protecție a mediului înconjurător în condițiile specifice fiecărei întreprinderi.

Așa cum s-a arătat la început, industria minieră produce mari și diverse cantități de reziduuri, iar dezvoltarea mineritului în perioada următoare va duce la sporirea masei de reziduuri. Din acest motiv, apar ca necesare — în continuare — eforturi susținute pentru protecția mediului înconjurător. În cele ce urmează se vor prezenta o serie de măsuri ce se iau în vederea prevenirii sau reducerii influenței efectelor negative create de industria minieră.

În primul rînd, este de subliniat că la exploatarea subterană a zăcămintelor de substanțe minerale utile diminuarea efectelor negative asupra suprafeței se poate realiza prin aplicarea unor metode de exploatare și tehnologii de lucru adecvate, exemplificate prin: rambleierea — în special hidraulică — a golurilor subterane, dimensionarea corectă a lucrărilor miniere și a pilierilor de protecție, exploatarea armonică a stratelor apropiate de substanțe minerale utile etc.

Prevenirea sau reducerea influenței dăunătoare a r e z i d u u r i l o r s o l i d e are la bază aplicarea cît mai rațională a principiilor de exploatare minieră, urmărindu-se:

— diminuarea cantităților de steril rezultat în procesul de extragere, prin proiectarea unor metode de deschidere, pregătire și exploatare, care să conducă la obținerea unor cantități de steril cît mai reduse și îmbunătățirea procedeelor tehnice de concentrare și de valorificare complexă a minereurilor;

— ocuparea de suprafețe de teren cît mai mici și mai puțin productive, prin construirea depozitelor de reziduuri (halde sau iazuri) cu înălțimea maximă posibilă, în condițiile terenului ales (de obicei o vale sau o depresiune cu valoare economică redusă), numai după îndepărtarea solului vegetal și depozitarea acestuia în vederea redării lui în circuitul agrosilvic;

— utilizarea în diverse domenii a reziduurilor miniere solide, cum ar fi: prelucrarea lor și obținerea de subproduse valorificabile (recuperarea fierului sau aurului din haldele vechi ale unor mine, extragerea unor metale sau a aluminei din cenușile de termocentrale etc.); întrebuințarea ca rambleu pentru lucrările miniere subterane; confecționarea de materiale prefabricate pentru construcții (cărămizi, blocuri de beton etc.); întrebuințarea sub forma lor naturală (terasamente pentru căi ferate, șosele și autostrăzi, construcția unor fundații, ameliorarea unor terenuri pentru agricultură); construirea de baraje și diguri etc.

Pentru a preveni sau a reduce la minimum influența apelor r e z i d u a l e rezultate din procesele tehnologice, care au loc în diferitele sectoare ale industriei miniere în stadiul actual de dezvoltare a tehnicii miniere, se impun următoarele măsuri.

• Reducerea la minimum posibil a consumului de apă industrială și deci reducerea cantității de ape reziduale impurificate. Debitul apelor de mină și din carieră este foarte diferit de la un zăcămînt la altul, iar măsurile ce trebuie luate în acest scop sînt strîns legate de situația concretă a fiecărui zăcămînt. Astfel, pentru reducerea infiltrațiilor provenite de la un curs de apă se poate devia traseul ocolind mina sau se poate canaliza și impermeabiliza albia. În exploatările la zi, dacă terenul permite, poate fi evitat accesul apelor provenite din precipitații prin construirea unor canale de gardă, care să colecteze și să conducă apele în afara perimetrului carierei.

• Reducerea gradului de poluare prin epurarea apelor impurificate înainte de evacuarea lor în emisari.

Reducerea gradului de poluare a a p e l o r d e m i n ă și d i n c a r i e r ă, chiar în timpul formării lor, este o problemă mai puțin studiată pînă astăzi. Obținerea unor ape cu calități corespunzătoare, care deversate în receptori să nu prezinte un pericol pentru flora și fauna acestora, a format obiect de studiu prin diverse metode de purificare a acestor ape.

Metodele de epurare folosite cel mai frecvent și în industria minieră sînt cele fizice și chimice.

*Metodele fizice*, cum ar fi sedimentarea, filtrarea și electroflotația, constau în îndepărtarea particulelor solide aflate în suspensie.

S e d i m e n t a r e a, aplicată pentru îndepărtarea particulelor solide, constă în deversarea în șarje sau în mod continuu a apelor ce trebuie tratate în bazine de decantare, unde, de la caz la caz, se pot utiliza și substanțe floculante.

F i l t r a r e a d i r e c t ă se aplică în cazul apelor sărace în substanțe aflate în suspensie. Ea se realizează prin trecerea apei peste un filtru format din pietriș-nisip, care se întreține ușor și are o durată de funcționare destul de lungă.

E l e c t r o f l o t a ț i a constă în separarea prin flotație a suspensiilor, bulele de gaz fiind produse aici prin electroliza mediului supus epurării. Suspensiile ridicate la suprafața apei pot fi ușor îndepărtate printr-un mijloc mecanic.

*Metodele chimice*, ca tratarea cu schimbători de ioni, osmoza inversă, electrodializa, distilarea și neutralizarea cu var, au rolul de demineralizare a apelor impurificate.

T r a t a r e a c u s c h i m b ă t o r i d e i o n i implică două faze. La început apa este purificată prin contactul cu o rășină anionică puternic bazică, sub formă de sulfat, în vederea

eliminării acidului sulfuric ; urmează apoi tratarea cu o rășină cationică pentru eliminarea ionilor metalici existenți în apa respectivă. Deși metoda este eficientă, ea este scumpă, deoarece în prealabil se face o epurare fizică a apei poluate.

Osmoza inversă constă în trecerea unui lichid dintr-o soluție diluată în alta mai concentrată printr-o membrană semipermeabilă (celofan sau acetat de celuloză), care permite trecerea solvenților fără a permite însă o trecere a substanțelor dizolvate. Dacă se aplică soluției mai concentrate și o presiune mai mare decît cea osmotică, atunci apa trece în sens invers, producîndu-se fenomenul de osmoză inversă. Metoda este simplă și ieftină, dar prezintă dificultăți în susținerea unor suprafețe mari de membrană relativ slab rezistentă la presiunea necesară.

Electrodializa este mai puțin utilizată pentru apele de mină, nefiind eficientă în cazul existenței substanțelor organice. În plus, pentru a se obține o demineralizare avansată, consumul de energie electrică este foarte mare.

Distilarea nu se folosește pentru epurarea apelor de mină, deși conduce la rezultate ideale, deoarece nu este necesar a se evacua în emisari apă distilată, pentru obținerea căreia cheltuielile sînt foarte ridicate.

Neutralizarea cu var (calcinat sau hidratat) sau cu piatră de var este metoda cu cea mai largă aplicare. Ea constă în tratarea apelor de mină, epurate fizic, cu hidrat de calciu pentru neutralizare și pentru precipitarea metalelor grele ; se formează nămoluri de hidroxizi de Fe, Zn, Mn, care sînt tratate prin desecare și folosite în metalurgie, dacă au conținuturi corespunzătoare. Dificultatea pe care o prezintă această metodă este legată de consistența foarte redusă a nămolului obținut, care este extrem de greu de desecat și de aceea manipularea și transportul turtelor obținute se fac anevoios.

Avînd în vedere dezavantajele menționate, s-au făcut încercări de decantare a apelor de mină neutralizate, amestecîndu-le cu tulbureală sterilă provenită de la instalațiile de preparare, în iazurile de decantare. Rezultatele au fost bune, iar procedeul este recomandabil și se poate aplica cu condiția să se stabilească, în fiecare caz în parte, raportul admisibil între cele două tipuri de tulbureală.

*Apele reziduale din instalațiile de preparare a minereurilor și cărbunilor* prezintă *ponderea principală* în volumul apelor reziduale generat de industria minieră, deoarece cele mai multe tehnologii de preparare aplică fluxuri umede, unde raportul solid : lichid variază în limite foarte mari (1 : 3—1 : 10—1 : 15—1 : 20), iar cantitățile de substanțe minerale utile prelucrate sînt în continuă creștere.

Apele reziduale părăsesc instalațiile de preparare încărcate cu reziduurile solide rezultate după concentrarea minereurilor pentru a fi depuse în iazurile de decantare, unde are loc epurarea fizică a acestor ape. Totuși, apele limpezite, care trebuie evacuate din iazurile de decantare, avînd în soluție compuși ai metalelor grele, cantități remanente din reactivii utilizați în procesul tehnologic și o aciditate sau alcalinitate crescute, nu satisfac condițiile pentru a fi evacuate, fără riscul de poluare a rezervelor naturale de apă.

Pentru reducerea influențelor apelor reziduale din instalațiile de preparare asupra mediului înconjurător sînt diferite căi, utilizîndu-se epurarea chimică prin defenolare, transformarea cianurii în complecși mai puțin toxici, recuperarea cianurii (la minereuri), decantarea (la cărbuni), tratarea chimică, concentrarea biologică (la minereuri radioactive) etc.

Avînd în vedere scopul prezentului material, nu se vor reda detalii privind aplicarea procedeelor sus-amintite, ele fiind tratate detaliat în lucrări special destinate acestei probleme.

În vederea *protecției atmosferei* se impun următoarele măsuri.

— Reducerea volumelor de aer poluat prin stabilirea unor cantități minime, necesare realizării raționale a fenomenelor urmărite, evitîndu-se amplificarea acestor cantități prin utilizarea de aer în exces în procesele tehnologice.

— Reducerea cantitativă a poluanților (pulberi, cenuși, gaze) este un mijloc care are ca efect o încărcare mai redusă cu poluanți a aerului uzat, deci o nocivitate mai scăzută și posibilități mai ușoare de epurare. Astfel, prin spălarea cărbunilor destinați termocentralelor se reduce simțitor cantitatea de sulf și de steril în cărbuni și deci și cantitatea de $SO_2$ și de cenuși în gazele arse și degajate în atmosferă.

Praful din atmosfera minelor se reduce foarte mult prin întrebuințarea perforajului umed, iar cel din atmosfera carierelor prin stropirea fronturilor și a căilor de transport în perioadele secetoase.

În instalațiile pentru sfărîmarea minereurilor, de asemenea, se pot folosi procedee umede. În uzinele de concentrare a minereurilor pot fi aleși acei reactivi care sînt mai puțin poluanți, bineînțeles avînd același rol în procesul tehnologic.

— Epurarea aerului poluat și dispersarea lui în mediul atmosferic.

Epurarea gazelor se poate realiza fie prin condensarea particulelor solide, fie prin îndepărtarea poluanților gazoși (anihilarea gazelor). Materializarea în practică a acestor soluții presupune existența unor utilaje și aparatură, care au la bază o serie de principii fizice, cum sînt : sedimentarea, impactul, filtrarea meca-

nică, filtrarea electrostatică, reținerea sonică, spălarea etc. În acest scop se utilizează : camere de sedimentare, cicloane, separatoare cu dublu curent de aer, filtre din diferite țesături, electrofiltre, tuburile Venturi, rotocicloane, epuratoare cu vîrtej ș.a.

În lipsa unor metode satisfăcătoare de epurare a gazelor, pentru completarea acțiunii de protecție a mediului, se practică dispersarea impurităților într-un spațiu atmosferic cît mai mare prin evacuarea gazelor la înălțimi cît mai mari cu ajutorul coșurilor. Pentru aceasta se construiesc coșuri înalte de 200—300 m prevăzute cu ventilatoare puternice, care imprimă gazelor viteze mari (30—50 m/s), încît se realizează o înălțime efectivă de evacuare de 400—500 m.

Diluarea gazelor în mase mari de aer, proporționale cu înălțimea de evacuare, reduce mult influența nocivă a poluanților, întrucît concentrarea gazelor revenite pe sol scade cu puterea a patra a înălțimii de evacuare. Soluția coșurilor înalte, însă, mărește aria de influență a poluanților, cît și cheltuielile de execuție care cresc aproape în progresie geometrică cu înălțimea lui. Amplasamentul acestor coșuri trebuie să evite văile sau depresiunile mărginite de dealuri sau denivelări ale terenului, deoarece aici atmosfera stagnează, favorizînd concentrarea poluanților.

Pentru protecția mediului înconjurător trebuie să se ia în considerare și acțiunea nocivă a zgomotelor și vibrațiilor. Măsurile care se întreprind în acest sens sînt :

— reducerea zgomotului și a vibrațiilor la sursă prin reproiectarea și construirea de mașini și agregate mai puțin zgomotoase, crearea unor materiale fonoabsorbante și antivibratile de mare eficiență ;

— aplicarea unor tehnologii silențioase și realizarea de amenajări protectoare. Astfel, amenajarea vegetală a teritoriului prin împăduriri și perdele de protecție plantate cu arbori aleși are rolul de a absorbi zgomotele și a limita zonele de propagare a lor. O perdea de protecție de cîțiva metri înălțime poate scădea zgomotul cu 10 dB pentru fiecare metru de grosime a perdelei, mai ales cînd este vorba de arbori cu frunze persistente.

Utilizarea, apărarea și conservarea mediului natural, cît și respectarea exigențelor echilibrului ecologic constituie o necesitate fundamentală a reproducției și creșterii economice.

Orice măsură împotriva poluării necesită o soluție economică. Economiștii au emis diferite teorii cu privire la posibilitatea includerii cheltuielilor pentru combaterea degradării mediului în costurile unitare ale produselor.

În sistemul economic socialist, societatea este interesată în cunoașterea și acoperirea totalității cheltuielilor de muncă cerute economiei naționale de producere a unei mărfi, incluzînd deci și cheltuielile pentru prevenirea deteriorării mediului, pentru apărarea lui.

S-a constatat practic că prevenirea poluării costă mult mai puțin decît remedierea ei. Calculele făcute de economiști cu privire la efectele economice ale cheltuielilor pentru protecția mediului arată că ele determină o creștere a costurilor cu 4—5%, uneori cu 10%.

Se impune ca la stabilirea investițiilor pentru un anumit obiectiv, cheltuielile pentru prevenirea poluării să facă parte inseparabilă din cheltuielile obligatorii pentru construirea acelui obiectiv industrial. Aceasta presupune analizarea acestor cheltuieli nu numai prin prisma eficienței economice imediate, ci și a celei de lungă durată.

Trebuie spus că raportul dintre costurile cerute de apărarea și restaurarea mediului natural și avantajele economice ce decurg dintr-un mediu curat sînt greu de determinat ; cu atît mai mult scapă măsurării efectele psihice. Nu trebuie uitat însă că omul constituie o parte integrantă a mediului natural, iar existența și dezvoltarea lui depind de calitatea mediului în care trăiește și care determină însăși calitatea vieții lui.

Cercetările efectuate au evidențiat că ponderea cheltuielilor de protecție a mediului în totalul investițiilor este destul de mică. Astfel, în S.U.A. ea reprezintă doar circa 3% din investițiile globale particulare și 4,3% din investițiile anuale în uzine și echipament. În U.R.S.S. pentru protecția mediului se alocă anual circa 3% din venitul național.

În condițiile socialismului, problema asigurării calității corespunzătoare a mediului decurge din însăși esența legii economice fundamentale a socialismului, potrivit căreia ridicarea sistematică și rațională a nivelului de trai material și cultural a tuturor membrilor societății și dezvoltarea multilaterală a personalității umane constituie însuși scopul acestei orînduiri. Buna calitate a mediului acționează pozitiv asupra sănătății fizice și psihice a oamenilor, asupra capacității lor de producție și asupra calității vieții lor.

De aceea știința economică trebuie să încorporeze suficient în substanța categoriilor economice una dintre dimensiunile fundamentale, și anume dimensiunea ecologică, rezultată din faptul că producția este un schimb de materii

între om și natură. În această împrejurare, noțiunile și categoriile economice trebuie să oglindească și ceea ce se întîmplă dincolo de granițele întreprinderii producătoare. La fel indicatorii economici, cu sarcini de plan și norme de comportare a unităților economice se cer și ei adaptați corespunzător.

Așadar, protecția mediului înconjurător și păstrarea echilibrului biologic în natură sînt de importanță capitală. Savanții lumii atrag atenția că facem cu toții parte dintr-o comunitate biologică supusă unor legi care dictează întreaga evoluție; unitatea funcțională a lumii vii nu mai poate fi pusă astăzi la îndoială.

---

# Despre unele tehnologii noi de valorificare a aurului din minereuri cu conținut redus

Dr. ing. **O. Kheil**

## I. Considerații generale

Începînd din mijlocul deceniului trecut, metalurgia extractivă a aurului a cunoscut o nouă fază de dezvoltare, impulsionată de creșterea prețului de zece, douăzeci și, uneori, chiar de mai multe zeci de ori față de nivelul prețului de acum patruzeci de ani. Ca urmare, nu sînt greu de înțeles atracția exercitată, care a stimulat trecerea în revistă a vechilor zone în care au fost semnalate ocurențe de aur și argint, precum și activitatea intensă de căutare care a fost declanșată, în tot cuprinsul lumii, în vederea descoperirii de noi rezerve.

Paralel cu această căutare, a început să apară o varietate largă de noi îmbunătățiri și de inovații în procesele de extracție și de prelucrare. Aplicațiile noi sau adaptările inteligente ale vechilor procese sau echipamente, respectiv noile dispuneri ale instalațiilor, sînt considerate inovații. Într-adevăr plasarea unor echipamente, utilaje sau chiar tehnologii existente din anumite zone ale industriei în alte instalații noi, unde pot fi utilizate avantajos, este privită, evident, ca inovație.

Numărul impresionant de inovații apărute în ultima perioadă în acest domeniu al extracției aurului și argintului nu poate fi generat însă numai de creșterea considerabilă a prețului acestor metale. De aceea este interesant să căutăm factorii care au generat această profilare a noilor aplicații tehnologice și ceea ce a fost nu demult o industrie foarte conservatoare a devenit, într-un timp relativ scurt, foarte receptivă la noi idealuri.

Cunoaștem că aurul și argintul sînt metale nobile care sînt împrăștiate prin scoarța pămîntului în mii de ocurențe mai mici sau mai mari, într-o varietate de forme geologice, frecvent asociate cu diferite metale comune și minerale care pot complica foarte mult sarcina recuperării lor. Cum prețul metalului (metalelor) a crescut, a apărut îndemnul abordării rezervelor mai sărace, a minereurilor mai dificile de preparat și al îmbunătățirii recuperărilor (extracțiilor) realizate.

Cu excepția unor minereuri cu compoziție mineralogică și structură simplă, nu există o aproximare standard a recuperării aurului și argintului. Ca urmare, pentru valorificarea oricărui minereu cu conținut de aur și argint personalul tehnic — tehnologii — din acest domeniu, „aurarii", trebuie să execute testări multe și să încerce o varietate largă de tehnici și tehnologii. Pentru aceasta ei trebuie să dispună de o dotare tehnică corespunzătoare, adecvată specificului din domeniu, care să deservească continuu un zăcămînt minier, o întreprindere sau cel mult o zonă minieră pentru a putea verifica, stabili și testa continuu posibilitatea realizării recuperărilor maxime.

Prin testări apar inovații mai ales atunci cînd un minereu nu răspunde la tehnicile convenționale sau atunci cînd nu se determină posibilitatea realizării unui preț de cost mai scăzut sau a unor cheltuieli mai mici.

În ultimii 40 de ani, mulți tehnicieni de exploatare și preparare în domeniul industriei aurului din lume s-au retras, îndreptîndu-se spre alte domenii mai rentabile. De asemenea, în perioada anilor 1965—1970 au apărut în industrie noi constrîngeri, impuse de necesitatea stringentă de protejare a mediului înconjurător și de asigurare a unor condiții corespunzătoare de muncă în domeniul minier. Ca urmare a fost închisă și oprită activitatea în multe zone cunoscute din întreaga lume.

O dată cu cerințele crescînde de aur și argint, după anul 1974 a apărut interesul reînnoit pentru valorificarea acestor metale și o nouă serie de tehnicieni din diferite domenii au fost atrași de această activitate. Neinhibați de unele idei fixe care uneori caracterizează experții cu experiență de o viață în domeniul respectiv, acești oameni noi au adus noi idei inovatoare

în industria aurului și argintului. Încurajarea industriei pentru încercarea noilor idei, ca urmare a conjuncturii favorabile datorate cerințelor cantitative și prețului acestor metale, a permis experimentarea tehnologiilor de recuperare a metalelor prin lesierea în grămadă, cu cărbune activ și altele, tehnologii care au adus un suflu nou în industria aurului și argintului.

Unele îmbunătățiri s-au datorat aplicării concepțiilor noi, moderne, în minerit și preparare, la resurse care au fost examinate pe vremuri cînd la ordinea zilei era mineritul pe filoane și înainte de a fi recunoscută economia adusă de mineritul global.

Unele inovații redescoperă procese tehnologice practicate pe vremuri în unele colțuri ale lumii, altele aruncă o privire asupra dificultăților metalurgice, întîmpinate de industria aurului și argintului de ani de zile și, în final, unele deschid industriei orizonturi complet noi. Toate acestea reprezintă principalii factori care au generat noile aplicații tehnologice apărute în industria aurului.

În general inovațiile aduse extracției aurului pot fi împărțite în grupa celor care vin fundamental în impact în toate direcțiile industriei aurului și altele care, cu toată eleganța lor, au influență mai redusă asupra industriei în ansamblu.

În ceea ce privește cea de-a doua grupă, inovațiile respective se referă la posibilitățile de valorificare a minereurilor refractare greu preparabile, la posibilitățile de aplicare a tehnologiilor de preparare cunoscute pentru valorificarea minereului cu conținut redus, la îmbunătățirile funcționale aduse utilajelor principale de preparare utilizabile în industria preparării minereurilor aurifere și, în final, la realizările din domeniul utilajelor specifice utilizate în industria aurului. În privința primei grupe de inovații, care constituie practic obiectul acestei lucrări, trei grupe de tehnologii apărute în ultimele două decenii au avut și au o influență puternică asupra industriei aurului și au reprezentat punctele de cotitură în revitalizarea acestei industrii. Acestea sînt:

— lesierea în loc (grămadă);
— tehnologia pe bază de cărbune activ;
— alte procedee noi în extracția aurului și argintului.

În cele ce urmează vor fi prezentate principalele caracteristici ale acestor tehnologii, rezultatele obținute prin aplicarea lor industrială și tendințele în orientarea pe viitor a acestor tehnologii.

## II. Lesierea în loc

### *Considerații asupra desfășurării tehnologiei*

Corespunzător denumirii, procesul de lesiere în loc constă din circulația soluției dizolvante printr-o stivă de minereu sau chiar în zăcămîntul propriu-zis, pînă cînd concentrația de metal recuperat atinge în soluție un nivel satisfăcător. Procedeul are avantajul că nu cere investiții costisitoare și nici cheltuieli prea mari de funcționare, iar personalul de deservire este foarte redus. Dezavantajele procedeului constau în randamentul scăzut la extracția în metal, durata lungă a ciclului și un consum mare de solvent.

Pentru zăcămintele de importanță redusă și cu un conținut scăzut, procedeul lesierii în loc reprezintă o soluție atractivă și cu atît mai rezonabilă în retratarea unor steri le.

Lesierea în loc se realizează practic în două feluri: în grămadă (stivă) și in situ (în zăcămînt).

### *Lesierea în grămadă (stivă)*

#### Realizarea procedeului

Una din posibilitățile de realizare a lesierii în loc sau a „mineritului în soluție", după cum mai este denumită metoda, este aceea în care minereul adunat în grămezi sau stive este stropit la partea superioară cu soluția dizolvantă, care după traversarea pe verticală a materialului depozitat este colectată la partea inferioară, într-un iaz, de unde se pompează la instalația de preparare pentru recuperarea aurului conținut. Realizarea stivelor sau a grămezilor se face prin pregătirea prealabilă a unui pat din material impermeabil pe care se depune minereul concasat sau cum rezultă de la locul de încărcare (fig. 1). Se execută în general mai multe grămezi, unele fiind în activitate (în dizolvare), altele în formare [1].

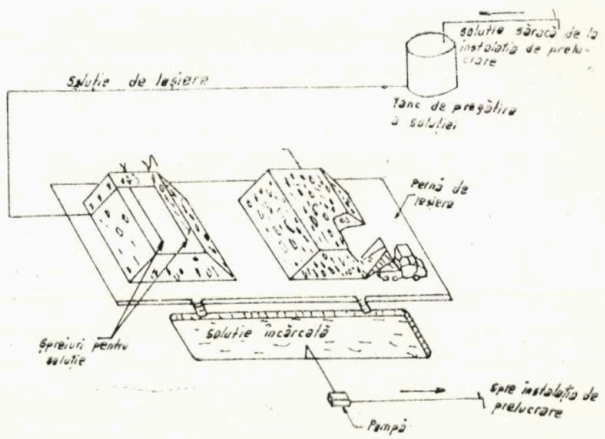



Fig. 1. Lesierea în grămadă.

#### Influența compoziției mineralogice a minereului asupra realizării lesierii în grămadă

Pentru realizarea unei recuperări eficiente, înainte de începerea operațiilor de lesiere, trebuie cunoscute componentele mineralogice

ale minereurilor care se supun leșierii și modul de prezentare a acestora, inclusiv a aurului.

În general, în depozitele secundare aurul se prezintă sub formă liberă sau nativă, fiind ușor de leșiat, pe cînd argintul se găsește în minerale ce nu se dizolvă ușor.

Dacă în minereul supus leșierii se găsesc mangan și argint, în urma intervenției soluțiilor apoase se pot forma minerale refractare de argint și mangan. De asemenea, depozitele ce conțin carbon nu sînt potrivite pentru leșiere, deoarece carbonul absoarbe metalul dizolvat înaintea recuperării de către leșie. Alte minereuri refractare sînt acelea în care aurul și argintul sînt total incluse în minerale sterile, astfel încît soluțiile de leșiere nu pot contacta metalul; zincul din minereu poate lua, în mod preferențial, locul aurului și argintului în reacția de leșiere, reducînd mult reacția cu metalul dorit.

Unele minereuri ce conțin telur sau arsenopirită trebuie prăjite înainte de leșiere.

Pirotina este un mineral care influențează mult dizolvarea, deoarece poate forma ferocianură care, la rîndul ei, înlocuiește cianura liberă din soluție, înrăutățind dizolvarea.

Cercetările efectuate pentru rezolvarea problemelor pe care le ridică compoziția mineralogică a minereului supus leșierii sînt în progres. Fiecare depozit își are însă problemele lui care trebuie rezolvate prin testări prealabile.

### Influența segregării în timpul construcției grămezii, a conținutului de argilă (aglomerare)

Argila conținută în minereu ridică o problemă deosebită în operația de leșiere. Particulele de argilă blochează curgerea lentă a soluției dizolvante prin minereu, lăsînd mari porțiuni total izolate de soluția de leșiere. Unele grămezi pot conține atît de multă argilă, încît soluția pătrunde foarte greu.

De asemenea în timpul construirii grămezii se poate produce o segregare a granulelor fine de cele grobe. Această segregare creează zone cu permeabilitate scăzută în grămadă, provocînd canalizarea soluției de cianură, ceea ce conduce la extracții scăzute de aur, timp de leșiere mai lung și consumuri mai mari de reactivi.

Înlăturarea acestor probleme în leșierea minereurilor argiloase sau cu un conținut ridicat de granule fine se poate face prin aglomerarea minereului înaintea leșierii.

Metodele principale de aglomerare sînt următoarele:

— umezirea minereului cu apă sau cu soluții de cianură, înaintea construirii grămezii;

— amestecarea minereului cu 0,9–4,5 kg/t ciment Portland, umezirea amestecului cu apă sau soluție cianică de leșiere, urmată de vălțuire înaintea construirii grămezii;

— amestecarea grămezii cu var.

Varul este un liant mai puțin eficient decît cimentul, contribuind mai mult la alcalinitatea protectivă necesară în cursul leșierii cu cianură. Utilizarea lianților este indicată la minereuri relativ uscate, care asigură permeabilitatea în cursul umezirii. După umezirea cu apă sau cianură, la aproximativ 12% umiditate, amestecul de minereu, liant și soluție este lăsat în repaus cel puțin 8 ore, pentru deplasarea unor legături puternice.

### Încălzirea soluției

În țări cu climat rece, o problemă majoră întîlnită la leșierea în grămadă rezidă în imposibilitatea funcționării sistemului în cursul lunilor de iarnă, datorită scăderii rapide a solubilității aurului cînd temperatura soluției de leșiere scade sub 10°C. Pentru extinderea sezonului de leșiere, cea mai importantă îmbunătățire adusă se referă la încălzirea soluției de leșiere înaintea introducerii ei în grămadă.

Au fost efectuate multe cercetări privind utilizarea apei calde sau a soluției de leșiere încălzită. Unele s-au referit la încălzirea directă a apei pentru realizarea soluției de cianură înaintea leșierii, altele la încălzirea bazinului cu soluție sterilă rezultată de la absorbția din circuitul CIP. Datorită unor inconveniente tehnice și, mai ales, cauzelor de ordin economic, soluțiile nu au fost introduse în circuitul industrial.

Dacă există halde de steril depozitate pe teren suficient de impermeabil, fără să se producă pierderi apreciabile de leșie, atunci se poate efectua leșierea pe loc. În acest caz grămada nu mai trebuie realizată pe un pat impermeabil dinainte pregătit. În orice caz, soluțiile de leșiere, încărcate după trecerea lor prin haldă, trebuie dirijate înspre un iaz de colectare de-a lungul unei interfețe pămînt-haldă, de unde se pompează apoi în instalația de recuperare a aurului conținut (fig. 2).

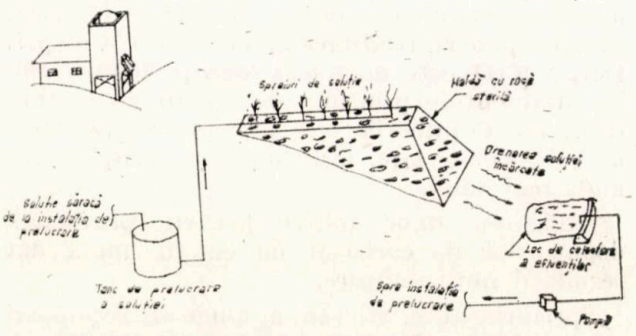



Fig. 2. Leșierea în grămadă a unei halde.

O soluție viabilă a fost realizată la mina Smoky Valley Comp. din Nevada S.U.A., unde soluția sterilă de la circuitul de absorbție este încălzită în timpul iernii de la 4 la 15°C,

într-un schimbător de căldură cu ulei, înainte de a fi recirculată la grămezile de leşiat. Soluţia de leşiere preia aproximativ 7 300 kW prin încălzire cu combustibil diesel. Preţul de cost al operaţiei de încălzire se ridică la 175 $/h, dar se creează posibilitatea utilizării tehnologiei de leşiere în tot cursul anului.

### Injecţia cu aer

Pentru creşterea solubilităţii aurului la trecerea soluţiei de cianură prin grămadă, recent au fost executate cercetări privind injecţia de aer în interiorul grămezii. Aceste cercetări s-au bazat pe constatarea că în interiorul grămezii există o zonă lipsită de oxigen. Din datele cineticii, dizolvarea aurului este influenţată de concentraţia cianurii şi a oxigenului din soluţia de leşiere. Prin injectarea aerului în interiorul grămezii trebuie — teoretic — să se realizeze o creştere a vitezei de dizolvare a aurului, concomitent cu o reducere a timpului de realizare a leşierii.

Rezultatele testărilor efectuate prin injectare cu aer au indicat posibilitatea reducerii cu pînă la 35% a timpului de dizolvare a aurului din grămezi. Cu toate acestea nu au fost semnalate, pînă în prezent, aplicaţii industriale ale acestei tehnici.

### Blocarea cu var a sistemelor de distribuţie a leşiei

Cantităţile mari de var utilizate în procesul de dizolvare, pentru menţinerea constantă a *pH*-ului la nivelul dorit, au efecte negative asupra sistemului de vehiculare şi, mai ales, asupra celui de distribuire a leşiei în grămadă. Sînt afectate mai ales capetele de stropire prin micşorarea continuă a secţiunilor de trecere.

Pentru eliminarea carbonatului de calciu depus pe conducte sau în sistemele de distribuţie şi stropire sînt necesare spălări cu diferiţi acizi pînă la revenirea la secţiunile iniţiale.

S-a trecut, de asemenea, la experimentarea utilizării sodei caustice — NaOH — în locul varului, pentru realizarea nivelului dorit de *pH*. Deşi NaOH este mult mai scump decît varul, deranjamentele prin înfundare s-au redus simţitor, iar depunerile prin precipitare pe sistemul de vehiculare, distribuţie şi stropire sînt mult mai mici.

Utilizarea unor aditivi pentru prevenirea depunerilor de carbonat de calciu nu a dat rezultate mulţumitoare.

Spreiurile fixe, utilizate în unele întreprinderi se apreciază a fi cele mai ieftine, dar realizează distribuţii mici şi insuficiente de soluţii. Pînă în prezent cele mai utilizate distribuitoare de soluţii sînt oscilatoarele Bagdad, care se pretează foarte bine mai ales la distribuţia cantităţilor masive de soluţii.

### Leşierea în trepte

Leşierea în trepte este o metodă pentru producerea de soluţii încărcate cu volum mic şi conţinut ridicat [2]. Tehnica metodei se bazează pe leşierea în contracurent a cîtorva grămezi cu soluţie proaspătă de leşie, adăugată intermitent în grămada cea mai săracă. După ce leşierea unei grămezi este completă, se execută un ciclu de spălare pentru recuperarea valorilor din grămezile adiţionale.

Apa de spălare este încărcată cu cianură proaspătă şi se utilizează la aglomerarea materialului necesar realizării şarjelor pentru executarea unor noi grămezi.

### *Leşierea in situ (pe loc)*

Acest procedeu prezintă aceleaşi avantaje economice ca leşierea în grămadă a debleurilor şi a sterilelor, fiind aplicabil la zăcămintele cu acces mai dificil şi în care lucrările de pregătire şi extragere s-ar efectua cu mari dificultăţi. Am văzut că leşierea în grămadă cere, la început, extracţia minereului, concasarea şi dispunerea în grămadă după aranjamente care să permită soluţiei de atac să-l pătrundă şi să-l impregneze pentru a dizolva elemente utile. La leşierea in situ, soluţia leşiată întîlneşte zăcămîntul rămas pe loc. Totuşi o oarecare pregătire este necesară pentru ca soluţia să aibă un curs eficace în rocă şi minereu. Aceasta constă în fracturarea pe loc a minereului care, în general, se realizează cu ajutorul explozivilor clasici şi, uneori, nucleari.

Fracturarea prin explozie nucleară ar fi mai economică decît cea realizată prin metodele convenţionale, prezentînd şi alte avantaje. Astfel rocile după explozie au mai multe microfisuri interne, foarte fine, care permit soluţiei o penetrare mai rapidă, mai profundă şi mai completă în interiorul rocilor.

Penetrările au putut fi puse în evidenţă prin adăugarea în soluţia leşiată a unui colorant vizibil în raze ultraviolete. Fisurile au putut fi fotografiate, la o explozie de 5 kilotone, la 300 m adîncime, în rocile granitice ale zonei 15 a cîmpului experimental din Nevada S.U.A. (1962). Alt efect al exploziei nucleare subterane rezidă în enorma acumulare de energie calorică care se poate utiliza în continuare la leşiere.

Exploziile nucleare pot fi împărţite în trei categorii :

— explozii superficiale, producînd un crater ;

— explozii intermediare, cînd încărcătura a fost plasată la o adîncime mijlocie ;

— explozii „conţinute" în adîncime, în cursul cărora gazele nu se pot difuza la suprafaţă, producînd căi de penetrare în roca intens fisurată.

Primele două categorii se aplică la debleuri și în cariere. Explozia „conținută" servește la pregătirea zăcămîntului pentru leșierea in situ. Cavitatea produsă prin explozia înăbușită este — la început — aproape sferică, apoi se alungește vertical datorită formării drumului care este surmontat de o zonă fracturată. Cavitatea și zona fracturată sînt favorabile leșierii.

Altă metodă de pregătire a zăcămîntului este aceea a fracturării hidraulice. Procesul constă în injectarea unui fluid cu o pompă de foraj, pînă cînd presiunea sa provoacă o fractură hidraulică care este relevată de o scădere bruscă a presiunii fluidului. Amorsarea acestei fracturi este favorizată de existența unei zone de slabă rezistență în peretele forajului. Apoi fractura se propagă, urmînd drumul de mai mică presiune, ceea ce duce la un consum mai redus de energie. Pentru ca zona mineralizată să poată fi exploatată prin leșiere in situ, este necesar ca metodele pe cale chimică să fie aplicate tehnic. Zona fracturată prezintă un grad de permeabilitate superior, datorită căruia viteza de curgere a unui fluid de viscozitate 1 centipoise, la o presiune de 1 atm. va fi de 1 $cm^3$ pe secundă și $cm^2$ pe secțiune și care se poate învecina cu circulația lichidului în zona de lucru. Trebuie deci ca zăcămîntul să fie izolat natural sau artificial de așa manieră, încît aceste elemente ale fluidului să fie menținute în limite rezonabile.

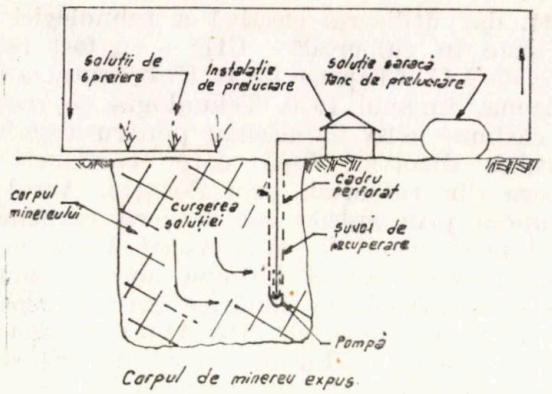
De aici apare importanța studiilor hidrologice pe o suprafață adiacentă zăcămîntului de 3 km, a examinării cursurilor de apă, a lacurilor, precum și a variațiilor sezoniere a apelor subterane.

În figura 3 este redat schematic modul de realizare a procesului de leșiere in situ a unui zăcămînt compact. După cum se vede, corpul de minereu este în prealabil fisurat, după care, prin forare, se execută găuri verticale pentru injectarea soluției de cianură pentru leșiere, precum și pentru colectarea leșiei încărcate. Din găurile de colectare leșia încărcată se vehiculează prin pompare, printr-un sistem de conducte, la instalația de preparare pentru recuperarea aurului și argintului.

În figura 4 este redată schematic tehnica de realizare a exploatării prin leșiere a unui zăcămînt filonian.

După cum rezultă din figură, panourile de minereu, delimitate prin galeriile de bază și de cap, precum și de suitorile de panou, sînt străpunse în găuri orizontale la intervale și distanțe corespunzătoare din suitorile de panou. În galeria de bază se amenajează bazine de colectare a leșiei încărcate, confecționate din beton sau argilă.

Leșia se injectează prin găurile orizontale practicate în panou, prin pompare sau presiune, pentru a pătrunde în fisurile panoului și a



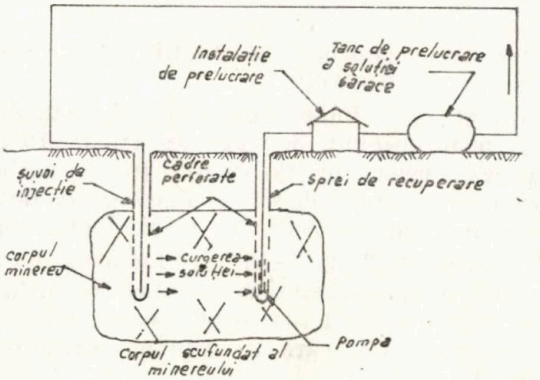




Fig. 3. Schema procesului de leșiere in situ a unui zăcămînt

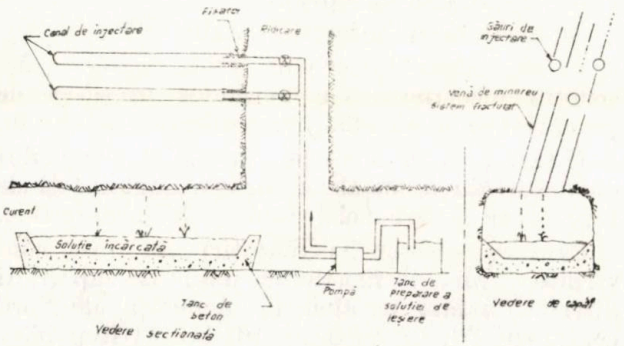



Fig. 4. Schema de exploatare prin leșiere a unui zăcămînt filonian.

traversa pe verticală toată masa filoniană, fiind apoi colectată în bazinul amenajat în galeria de bază.

Există posibilitatea utilizării, prin raporturi corespunzătoare, fie a soluției proaspete, fie a soluției trecute prin masa filoniană. După încărcarea soluției la nivelul dorit ea este pompată la instalația de recuperare a aurului, situată la suprafață.

## III. Tehnologia de extracție a aurului cu cărbune activ

*Despre tehnologia CIP și dezvoltarea acesteia*

Utilizarea cărbunelui activ pentru recuperarea aurului și argintului din soluțiile cianice de leșiere a fost brevetată la începutul anului

1894, dar utilizarea efectivă a tehnologiei cu cărbune în tulbureală — CIP — a fost realizată de I.G. Chapman de la Universitatea din Arizona, în anul 1930. Tehnologia se realiza cu cărbune activ fin măcinat pentru absorbţia aurului, dizolvat, după care cărbunele se separa din tulbureală prin flotaţie. Aurul se recupera prin arderea sau topirea cărbunelui încărcat cu metal. O altă alternativă a sistemului Chapman utiliza cărbune activ granular pus în coşuri de sită cilindrice care circulau şi se roteau în tulbureală. Desorbţia aurului de pe cărbune s-a realizat în continuare prin stropirea acestuia cu soluţie fierbinte de cianură. În continuare s-a trecut prin multe modificări şi îmbunătăţiri, ajungîndu-se în anul 1950 la realizarea celulei electrolitice Zadra pentru recuperarea continuă a aurului din soluţia fierbinte de desorbţie.

O instalaţie industrială CIP, de capacitate mică, a funcţionat, în perioada 1954—1960, la Cripple—Creek, în Colorado, unde carbonul grosier din coşurile de site a fost supus desorbţiei prin metoda Zadra şi apoi recircuitat.

În anul 1973, la Leed, în Dekota de Sud, corporaţia Hemestake a montat o instalaţie de preparare de 1 400 tone pe zi, bazată pe tehnologia CIP, care a cuprins următoarele operaţii :

— leşierea în tulbureală ;

— încărcarea cărbunelui activ CIP ;

— separarea cărbunelui, recuperarea (desorbţia electrolitică) a metalelor preţioase de pe cărbune şi, în final, regenerarea cărbunelui.

Ulterior, s-au adus îmbunătăţiri sistemului de desorbţie a metalelor de pe cărbune şi de regenerare a cărbunelui rezultat de la desorbţie.

Urmare acestor îmbunătăţiri au fost construite şi puse în funcţie noi uzine de capacităţi diferite, astăzi existînd în America de Nord cel puţin 30, în Australia 10, iar în Republica Sud-Africană 28 uzine care utilizează această tehnologie [3].

În ultima vreme, s-au efectuat noi cercetări pentru aplicarea acestor tehnologii şi în alte părţi ale lumii. Astfel, o instalaţie nouă, bazată pe acest procedeu, s-a construit în Ghana, la Ashinţ, avînd capacitatea de 3 000 t/zi. În cursul anului 1987 a intrat în funcţiune o nouă instalaţie cu aceeaşi tehnologie în Brazilia.

Firma Ranger Exploration din Australia a făcut cunoscută intrarea în funcţiune, în perioada 1985—1987, a trei uzine de preparare, care pentru recuperarea aurului utilizează tehnologia de cianurare, cu absorbţia în leşie pe cărbune activ.

În ţară, în instalaţiile noastre, au fost efectuate, încă din anul 1980, cercetări pentru realizarea unei instalaţii cu această tehnologie. Rezultatele obţinute au fost îmbucurătoare, recuperările realizate fiind cuprinse între 80 şi 93%. Fluxul tehnologic utilizat este redat în figura 5.

Prin trecerea unor faze intermediare s-a ajuns în prezent la tehnologia tipică CIP, prezentată schematic în figura 6.

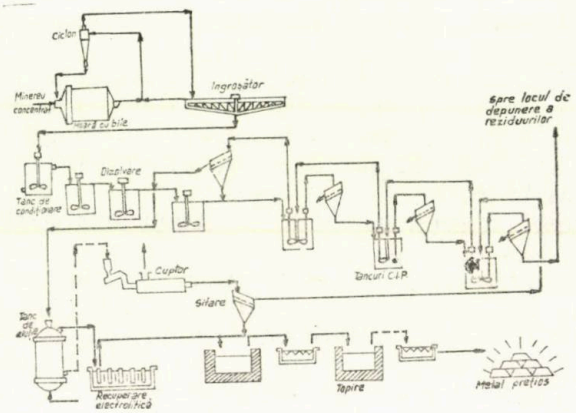



Fig. 5. Fluxul tehnologic utilizat pentru recuperarea aurului din concentratele de pirită auriferă prin tehnologia de absorbţie pe cărbune activ.

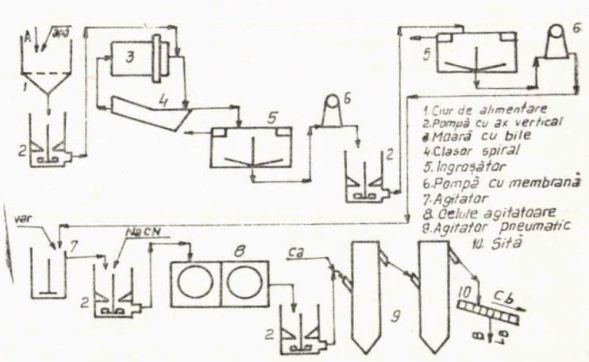



Fig. 6. Tehnologie tipică CIP.

Tehnologia constă din realizarea leşierii cu cianură a tulburelii în agitatoare, contactul leşie-tulbureală-cărbune în contracurent CIP şi separarea cărbunelui din tulbureală prin desorbţia cantităţii de aur şi argint absorbite.

Leşierea se realizează, de obicei, într-un sistem cu mai multe trepte compuse din 4—6 tancuri.

Minereul este măcinat în mod normal la 0,15 mm sau mai fin şi supus leşierii în tulbureală, care conţine aproximativ 45—50% părţi solide în care s-a adăugat var sau sodă caustică pentru protecţia alcalină a cianurii de sodiu. Pentru creşterea vitezei reacţiei, tulbureala este agitată şi aerată bine, într-o perioadă de leşiere care poate necesita 2—24 ore pentru completa dizolvare a metalelor nobile. Factorii care influenţează timpul de dizolvare şi vitezele de reacţie sînt : dimensiunile granulelor de metale preţioase, fineţea de măcinare, conţinu-

tul de argile, densitatea tulburelii, *pH*-ul tulburelii, concentrația de cianură, temperatura și viscozitatea tulburelii.

Ca utilaje de leșiere au fost folosite agitatoarele tip Dorr, cu braț central de mică viteză și cu coloane centrale și periferice de aerlift, care au dat rezultate bune la minereuri fin măcinate, apoi tancurile de leșiere Pachuca, care s-au pretat bine la leșierea minereurilor sau produselor de preparare mai grosiere, și — în final — agitatoarele cu tub de aspirație.

*Separarea cărbunelui din tulbureală*

Metodele de separare a cărbunelui, încărcat de tulbureala sărăcită de aur, sînt numeroase și variate. După cum s-a precizat inițial, s-a utilizat cărbune de granulație fină, care după încărcare a fost separat din tulbureală prin flotație. Ulterior s-a trecut la utilizarea cărbunelui de granulație mai mare, care se separă din tulbureală prin ciuruire, utilizîndu-se coșuri din sită sau site vibrante. Dimensiunile sitelor au fost cuprinse între 20 și 24 ochi/țol, iar ca material s-a utilizat oțelul de calitate superioară.

Generarea de cărbune fin a obligat operatorii să caute metode de ciuruire îmbunătățite, care să mențină puterea de absorbție, să reducă formarea cărbunelui fin și să se realizeze costuri reduse.

Ca urmare au apărut noi metode, care includ fie o sitare periferică exterioară, fie o sită scufundată tip jgheab, care acoperă tancul sau agitatorul în care se realizează procesul CIP.

Prima alternativă necesită funcționarea ciururilor montate în exterior și deservirea acestora, cu costuri ridicate pentru operare și, în final, conduce la uzura adițională a cărbunelui datorită pompării cărbunelui între faze (cu aerlift sau pompe).

A doua alternativă are dezavantajul unei limitări a ariei de ciuruire la sitele interne, determinată de suprafața agitatoarelor sau a tancurilor, la care se adaugă și problemele pe care le generează sitele, prin rupere sau înfundare. Au fost aduse unele îmbunătățiri prin modificarea corespunzătoare a amplasării sitelor, pentru creșterea capacității lor, precum și suflarea cu aer a suprafețelor de sitare pentru evitarea înfundării, măsuri care au avut ca efect creșterea fiabilității procesului.

*Eliminarea corpurilor străine și a granulelor adimensionale de minereu*

Înaintea aplicării procedeului CIP, tulbureala leșiată trebuie ciuruită (sitată) atent pentru înlăturarea granulelor grobe adimensionale de minereu, a bucăților de lemn, plastic, cauciuc etc., deoarece acestea, intrate în încărcătura de cărbune, rămîn acolo și în timpul ciclului de eluție (desorbție) și regenerare. Granulele grobe rămase din carbon contribuie la accelerarea uzurii cărbunelui. Bucățile de lemn produc pagube la ciuruirea între faze, iar la trecerea lor în cuptorul de regenerare se pot transforma în cărbune activ friabil, care poate părăsi instalația spre steril, antrenînd cu el aur. Cea mai mare cantitate de cărbune fin generat de bucățile de lemn este înlăturată prin ciuruirea cărbunelui regenerat, înaintea reintroducerii lui în circuitul CIP. Alegerea dimensiunii sitelor pentru preciuruirea tulburelii este foarte importantă, mai ales la uzinele foarte mari, unde întreruperile de funcționare au efecte nedorite, pe lîngă reducerile de capacitate.

O rezolvare deosebită în ciuruirea tulburelii leșiate prin circuitele CIP o constituie sitele liniare Delkor. Acestea sînt compuse dintr-o bandă monofilament, sprijinită pe role, acționată de o transmisie de cap cuplată la o moletă de conducere fixă. Tulbureala este alimentată într-o cutie de distribuție, de unde trece prin găuri pe un disc distribuitor și apoi pe bandă. Tulbureala trece gravitațional prin bandă și se colectează în partea inferioară. Fibrele de lemn, materialul supragranulat și celelalte impurități sînt descărcate de pe bandă la transmisia de capăt. Prin utilizarea acestui sistem de ciuruire s-a obținut un randament de ciuruire de 90 %, față de 50—60%, cît se realiza la utilizarea sistemelor obișnuite de ciuruire.

*Tipul și dimensiunea cărbunelui utilizat*

Cel mai folosit cărbune activ este cel realizat din nucă de cocos sau din coji de nucă. Au fost testate, de asemenea, sorturi de cărbune realizat din turbă.

Se insistă mult, în ultimul timp, asupra folosirii cărbunilor duri produși din sîmburi de fructe care au fost introduși în practica comercială. Cărbunele din acești sîmburi necesită cicluri de eluție între 28 și 48 ore [10] pentru a desorbi mai mult de 90% din cantitatea de aur adsorbită la utilizarea soluției fierbinți de NaOH—CNNa. În prezent există o gamă largă de cărbuni de producție diferită, denumirile fiind date de producători în funcție de diferitele caracteristici fizice și chimice ale acestora. Astfel, cărbunii activi de tip Pica Actif G—210, G—210—AS, Calgon SKC11 — sînt curent utilizați în instalațiile din S.U.A., Republica Sud-Africană și Australia.

În țară, în cadrul uneia din instalațiile noastre, s-a utilizat cu rezultate bune cărbune tip Anthresorb granular grade CC 1236, precum și cel produs în țară de tipul AG Higro 90%.

Dimensiunile cărbunilor activi sînt variabile; în general, mărimea lor este cuprinsă între 1 și 3 mm.

Concentrația cărbunilor activi în procedeul CIP se înscrie între valorile de 10—60 g/l.

*Desorbția aurului de cărbune — eluția*

Eluția sau desorbția aurului de cărbune activ utilizat în procedeul CIP s-a făcut și se mai practică și în prezent, în cîteva cazuri utilizîndu-se tehnologia Zadra sau AARL, elaborată de Davidson. Ambele utilizează un element cu legături ionice puternice și produc un eluat sărac, necesitînd tehnici de recuperare electrolitică a aurului. Din acest motiv s-au inițiat cercetări intense, descoperindu-se o nouă tehnică de desorbție bazată pe alcool (de obicei metanol) denumită Micron. Tehnologia utilizează alcoolul sub formă de vapori produși de un boiler, care se condensează pe carbon, înlăturînd aurul dizolvat în prealabil cu cianură. Desorbția este completă, de obicei între 6 și 12 ore, după care alcoolul se distilează din sistem, iar carbonul este trecut la regenerare, în vederea refacerii activității.

Avantajul sistemului Micron constă în producerea unui volum mic și concentrat de eluat. Din acest eluat aurul este recuperat electrogravimetric pe o folie de aluminiu. Este în curs de cercetare metoda cianică de recuperare a aurului [6].

O tehnică des utilizată în Republica Sud-Africană se bazează pe tratarea cărbunelui încărcat cu cianură alcalină fierbinte scurt timp, apoi eluția se execută cu cîteva volume de apă fierbinte. Aceste tehnici de eluție reduc timpul de realizare a procesului la cîteva ore, fapt ce reduce cantitatea de cărbune necesară în circuitul de adsorbție, și permit realizarea unui eluat mai concentrat. Mai trebuie menționate aici tehnicile utilizate în cazul soluțiilor încărcate ce conțin cantități considerabile de argint. În acest caz, se utilizează metoda de precipitare a argintului înaintea încărcării carbonului. Precipitatul de sulfură de argint ($Ag_2S$) poate fi topit, ajungîndu-se la bară de argint. Aurul din filtrat, după precipitarea argintului, este absorbit, desorbit și recuperat electrolitic.

În cadrul instalațiilor noastre au fost executate cercetări de eluție a aurului, utilizîndu-se o soluție de cianură 1% și alcool etilic la o diluție de 1/50, la o presiune a aburului de 6 atm. și o temperatură de 90°C, la diferiți timpi de realizare a procesului. S-au obținut extracții în metal de 97%, după 6 ore de funcționare. Aurul din eluat a fost precipitat prin electroliză pe electrozi de cărbune, la o densitate de curent de 15 A/m².

*Regenerarea cărbunelui*

În cursul procesului CIP, cărbunele activ absoarbe, pe lîngă Au și Ag, diferiți compuși naturali sau contaminanți organici, ca uleiuri și grăsimi. Acești contaminanți înrăutățesc proprietățile de absorbție a cărbunelui, îmbîcsind suprafața sau ocupînd fețele active ale cărbunelui. Cînd capacitatea de absorbție a cărbunelui scade, acesta este trecut la regenerare.

În general regenerarea se execută prin încălzire sub aburi, la o temperatură de aproape 600°C, în funcție de natura contaminanților. Au fost realizate, în ultima vreme, o serie de îmbunătățiri în procesul de regenerare, mai importantă fiind utilizarea regeneratorului în pat fluidizat Termax Rintoul [7].

În acest regenerator cărbunele este alimentat continuu în două paturi fluidizate, o secțiune superioară de uscare și una inferioară de regenerare, prin care trece aburul supraîncălzit, la o presiune apropiată de cea atmosferică, aducînd patul de cărbune într-o stare semifluidă. Aburii sînt ciclonați înainte de a intra într-un schimbător de căldură încălzit indirect, ridicîndu-li-se temperatura la aproximativ 750°C, înainte de a fi recircuitați prin cărbune. Aburii sînt generați prin evaporarea apei conținută în cărbunele de alimentare. Timpul de staționare a cărbunelui în regenerator este de aproximativ 10—15 min, după care cărbunele este descărcat continuu într-un tanc de stingere.

Sistemul de regenerare Termax permite realizarea unei eficiențe de 90%, costuri reduse de funcționare și pierderi scăzute, o dată cu scăderea coroziunii regeneratorului. Sînt în funcțiune cîteva instalații industriale sistem Termax în Republica Sud-Africană.

*Tehnologia cu circuit de cărbune în leșii CIL*

S-a observat că leșierea necesită, în general, un timp de staționare mai lung decît desorbția. În consecință devine posibilă reducerea unor utilaje în circuitul CIP, prin utilizarea agitatoarelor sau a tancurilor de leșiere, atît pentru leșiere (cianurare), cît și — simultan — pentru absorbție, eliminînd astfel necesitatea utilizării unei cascade separate de absorbție. Un astfel de sistem este denumit circuit de cărbune în leșie CIL.

Deoarece cărbunele activ absoarbe aurul și argintul din soluție și nu din minereu, există avantaje în preleșierea parțială a minereului înainte de pornirea absorbției. Leșierea poate avea loc în prezența cărbunelui ce se mișcă în contracurent cu tulbureala, la fel ca funcționarea unui circuit tip standard.

*Tehnologia de extracție a aurului pe rășini schimbătoare de ioni*

Cu toate avantajele pe care le prezintă procedeele CIP și CIL, ele au și o serie de dezavantaje care — în principal — constau în : necesitatea recuperării termice periodice a cărbunelui ; limitarea capacității de încărcare a carbonului cauzată de absorbția $CaCO_3$, materii organice și minerale de tip argilos ; cicluri de eluție

relativ lungi. Din aceste motive s-a încercat înlocuirea cărbunelui activ cu rășini schimbătoare de ioni, utilizarea acestora prezentînd două mari avantaje: încărcarea mai lentă a aurului și posibilitatea utilizării unei metode mai puțin complexe de eluție.

Pentru creșterea vitezei de încărcare s-a trecut la utilizarea fibrelor din rășini sintetice în locul paturilor de rășini în coloanele schimbătoare de ioni [8]. Fibrele de rășini au frecvența de dispersie mai mică decît paturile de rășini și sînt apte să furnizeze o arie mai largă de atracție a grupurilor funcționale necesare pentru extracția complexului $Au(CN)_2$ din soluție. Fibrele descoperite se bazează pe derivații poliacrilonitrol (PAN) și derivat de alchil-amină (PBI). S-au obținut viteze crescute de încărcare atît pentru fibre, cît și pentru patul de rășină tipică. În orice caz, capacitatea de încărcare a fibrei este mai scăzută.

Rășinile puternic absorbante ca poliacrilații XAD7 și XAD 8 au forțe de absorbție mai slabe pentru aur, dar necesită o metodă de eluție mai simplă decît cele cu selectivitate mare, care au forță de absorbție ridicată. Principalul dezavantaj al acestora constă în capacitatea de încărcare mult mai scăzută.

O metodă nouă de eluție a aurului de pe rășini cu forțe de atracție puternice s-a dezvoltat bazîndu-se pe proprietatea anionului de tiocianat, care înlocuiește preferențial complexul aurocianic. Se execută eluția și recuperarea tiocianatului de pe rășini și înaintea recircuitării rășinii. Aceasta se obține prin transformarea anionului tiocianat într-o serie de complecși cationici fără legături electrostatice. Soluția complexă de eluție produsă este tratată apoi cu o soluție alcalină sau bazică, pentru recuperarea tiocianatului care este reutilizat în următorul ciclu de eluție.

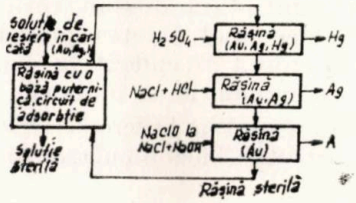



Fig. 7. Flux de recuperare a mercurului, argintului și aurului pe o rășină SBR prin eluție secvențială.

Cercetările au demonstrat că 90% din tiocianat este recuperat în proces cu o eficiență de eluție pentru aur de 93%. În R. S. Africană funcționează o instalație care utilizează această tehnologie. Cercetările efectuate în direcția eluției rășinilor cu bază puternică au scos în evidență posibilitatea utilizării eluției secvențiale. În figura 7 este redată schema de recuperare a mercurului, argintului și a aurului de pe o rășină cu o bază puternică, prin eluție secvențială.

Este de reținut faptul că în toate cazurile s-a dovedit necesitatea alegerii cu multă atenție a rășinii schimbătoare de ioni cu caracteristici adecvate pentru utilizarea acestor metode.

*Tratarea efluenților*

Procedeul clasic de tratare

În general, tratarea efluenților proveniți de la instalația de preparare a minereurilor aurifere se realizează fie cu clor gazos, hipoclorit de sodiu, fie prin oxidare cu perhidrol. Ambele metode s-au dovedit scumpe datorită costurilor reactivilor, clorinarea avînd un dezavantaj suplimentar în creșterea ionilor de clor în efluenți.

Procedeul Cyclear

Cercetările din ultima vreme au identificat o nouă posibilitate de tratare a efluenților conținînd cianură, denumită procedeul Cyclear (R), bazată pe enzime (C) care hidratează cianura. Reacția chimică este redată prin ecuația:

$$HCN + H_2O + \text{enzimă} = HCONH_2$$
$$- \text{hidroliză} - CO + NH_3.$$

Procedeul este aplicabil atît în cazul tulburelilor, cît și al soluțiilor. În funcție de concentrația inițială, prin acest procedeu se poate reduce cianura liberă în efluent pînă la 10 ppm în maximum 6 ore. După atingerea acestor parametri nu se mai pot obține rezultate superioare. Din acest motiv s-a trecut la utilizarea concomitentă a acestei tehnologii cu metoda convențională de clorinare/oxidare. A fost proiectată o instalație pilot mobilă, capabilă să trateze 300 l/h, pentru aplicarea tehnologiei la efluenți industriali cu conținut de cianură [9].

Tehnologia gazoasă

O tehnologie proiectată în Canada pentru tratarea efluenților cu cianură se bazează pe utilizarea $SO_2$ gazos sau soluției de sare, în combinație cu aer ca oxidant și var, pentru controlul *pH*-ului [10].

Prezența ionilor de cupru în soluție este esențială pentru catalizarea oxidării cianurii. Tehnologia implimentată la cîteva uzine din S.U.A. și Canada a dat rezultate, indicînd conținuturi de cianură — după tratament — de 0,1—0,2 ppm cianură totală.

Tehnologia oferă cîteva avantaje față de metodele clasice, incluzînd înlăturarea completă a cianurii, cu cianura liberă HCN și complecși de cianură și ferocianuri. Tiocianatul nu este înlăturat. Costurile se reduc cu 35% față de costurile realizate la clorinarea alcalină convențională.

## IV. Utilizarea altor procedee noi pentru extracția aurului

*Lesierea cu tiouree*

Cianurarea este, în prezent, procedeul cel mai des folosit pentru extragerea aurului din minereurile cu conținut redus, rezultatele tehnice și economice care se obțin situîndu-se încă la un nivel competitiv față de alte procedee. Evident că în aceste condiții s-a căutat să se acționeze atît în direcția îmbunătățirii performanțelor ei tehnologice, cît și a reducerii factorilor care influențează poluarea mediului înconjurător și a toxicității ridicate.

În direcția reducerii toxicității s-au căutat solvenți mai puțin toxici decît cianura, în final recurgîndu-se la utilizarea tioureii, cunoscută încă de la începutul secolului al XX-lea ca substanță netoxică, cu posibilități reale de complexare, fiind capabilă să formeze un complex de tip ionic cu aurul și cu alte metale. Cinetica de dizolvare a aurului în tiouree este foarte rapidă, iar toxicitatea tioureii $CS(NH)_2$ este foarte redusă [11].

Recuperarea aurului din soluția de tiouree se face prin precipitarea cu fier metalic, apărînd așa-numitul proces de „fier în pulpă", precum și prin procedeul cunoscut cu cărbune activ CIP. În China a fost inventat, în ultima vreme, un procedeu de recuperare cu plumb denumit „plumb în pulpă". În general, dizolvarea cu tiouree se realizează mai eficient în cazul în care în soluție se adaugă un oxidant, aceasta numai în cazul în care minereul aurifer, în contact cu soluția de dizolvare, nu poate produce cantitatea de oxidant necesară desfășurării corespunzătoare a procesului.

Cercetările care au fost efectuate în țară și în străinătate au arătat că pentru minereurile aurifere acide (ex. cele cuarțoase) și în special pentru cele care conțin cărbune și argilă, procedeul de dizolvare cu tiouree este mult mai eficient decît cianurarea clasică. Același fenomen a fost constatat în tratarea concentratului obținut la prepararea prin flotare a minereurilor cu conținut de cărbune și argilă.

Rezultatele sînt mai bune la prelucrarea acestor tipuri de concentrate în cazul în care operația de dizolvare cu tiouree se face după o calcinare prealabilă. Costurile ridicate înregistrate la utilizarea acestei tehnologii au avut un efect negativ asupra dezvoltării procedeului. În ultimii 10 ani, prin procedeele studiate s-a ajuns la realizarea unei noi tehnologii bazate pe utilizarea $SO_2$ în proces, în scopul reducerii compușilor chimici formați înapoi de tiouree.

Aceasta a dus la scăderea concentrației de cianură necesară și a redus consumul de tiouree la aproximativ 0,5 kg/t, permițînd și obținerea unor extracții în aur ridicate [12].

Mina auriferă Sonoras Jamestown, din California, utilizează lesierea cu tiouree la extragerea aurului conținut în concentratele obținute prin flotarea minereului într-o instalație de o capacitate de 6 000 t/zi. Economicitatea utilizării lesierii cu tiouree la această instalație este comparabilă cu aceea a cianurării clasice, reducîndu-se însă gradul de contaminare a mediului înconjurător. În ultima perioadă sînt în exploatare instalații care utilizează tiouree ca dizolvant al aurului în S.U.A., Republica Sud-Africană și Australia.

*Lesierea sub presiune*

Această tehnologie și-a găsit aplicabilitatea limitată la valorificarea piritelor refractare și la concentratele de arsenopirită. Tehnologia implică încălzirea piritei și arsenopiritei, în absența oxigenului, la cel puțin 600°C. La această temperatură se produce descompunerea termică a acestor minerale în sulf elementar, arsen și un reziduu solid de pirotină.

În continuare se trece la lesierea oxidantă a pirotinei la sulf elementar și la formarea de oxid feric, la o temperatură de 100°C și presiune de 300 kPa timp de 5 ore, urmată de înlăturarea sulfului și cianurarea convențională a reziduurilor.

Tehnologia este brevetată, dar aplicarea ei industrială încă nu a fost realizată.

*Tehnologia Kemyr*

Această tehnologie, bazată pe rezultatele obținute pe tulbureli provenite din industria hîrtiei, constă, în prima fază, în mărunțirea minereului la dimensiuni sub 2,8 mm și realizarea unei tulbureli la diluții normale pentru cianurare sau flotație. Această tulbureală este amestecată cu o cantitate redusă de fibră de lemn și alimentată într-un turn de lesiere Kemyr. Se face apoi lesierea pulberii, soluția de lesiere circulînd ascendent în contracurent, în sensul de circulație a pulberii.

Adsorbția aurului de lesiere se face prin două metode cunoscute : bioacumularea și biomodificarea.

- Bioacumularea se bazează pe calitatea unor microorganisme de a absorbi aurul din tulbureli.
- Biomodificarea utilizează bacteriile thiobacilus-feroxidans pentru modificarea selectivă a suprafeței mineralelor specific sulfuroase, făcîndu-le apte pentru a fi recuperate prin metodele specifice ale concentrării mineralelor (ex. flotație).

Tehnologia are șansa de a fi utilizată la extragerea aurului din minereurile cu conținut redus și greu preparabile [13].

*Procedeul HGP*

Haber Inc., o firmă de cercetări din New Jersey, a dezvoltat un nou procedeu de extragere a aurului și a platinei din minereuri sărace, despre care se afirmă că are importante avantaje în ceea ce privește costul și siguranța față de metoda tradițională de extragere (recuperare) a aurului prin cianurare. Procedeul, conform celor menționate de compania Haber Inc., este o operație de lesiere chimică într-o singură etapă, care acționează mai rapid decît lesierea cu soluție de cianură. El reprezintă o nouă chimie pentru aur, care permite o desfacere a metalului nobil printr-un sistem chimic netoxic și necorosiv.

Descoperirea indică, pentru prima oară, un mecanism posibil pentru fundamentarea geochimiei aurului, care poate explica, de asemenea, transformarea particulelor fine de aur în formă de pepite și alte forme masive care apar în natură.

Procedeul a fost dezvoltat de Norman Haber în colaborare cu dr. John Lee, fiind denumit „Procedeul Haber de extragere a aurului" HGP [14].

Acest procedeu are patru avantaje cheie în utilizare:

— o recuperare (extracție în metal) de 90—100% la minereuri cu conținuturi reduse și greu preparabile;

— tehnologia de preparare este netoxică și sigură pentru mediul înconjurător;

— timp de recuperare de ordinul orelor față de zile, săptămîni sau luni în alte procedee;

— procedeul se realizează într-o singură etapă.

Procedeul, conform indicațiilor companiei, a fost testat pe foarte multe probe, inclusiv pe minereuri foarte sărace, în fiecare caz fiind mai eficient și mai rapid decît lesierea cu soluție de cianură.

Conform datelor cunoscute, cianurarea clasică se utilizează pe minereuri cu conținuturi de 2,8 g/t, lesierea prelungită în grămadă este limitată la conținuturi de 0,56 g/t și necesită săptămîni, luni sau chiar ani. Utilizarea cianurării la minereurile cu conținuturi mai ridicate de cărbune este limitată la 2,2 g/t. Procedeul HGP poate fi utilizat, potrivit indicațiilor firmei, pentru minereuri sărace și dificil de preparat, pînă la conținuturi cuprinse între 0,85 și 1,70 g/t, cu recuperări în metal cuprinse între 90 și 99%.

După ultimele date din literatura de specialitate, compania Haber Inc. a trecut la valorificarea industrială a procedeului HGP, prin participarea cu alte firme la valorificarea unor zăcăminte cu conținuturi reduse de aur din S.U.A. În cadrul acestor zăcăminte figurează cel de la Victorville, din California, evaluat la un volum de rezerve de circa 1,3 miliarde tone, la un conținut în aur, încă neconfirmat, de 0,03 oz/t (aprox. 1,0 g/t).

Un alt zăcămînt este cel de la Cripple Creek din Colorado, cu un conținut de 0,04 oz/t

*Tabelul 1*

**Procedeul Haber de extragere a aurului**

| Proba | Analiza minereului, uncii/t | Aur extras, uncii/t | Aur în reziduuri, uncii/t | Extracții, % |
|---|---|---|---|---|
| Concentrat aluvionar, Arizona | 5,76(179,15g) | 5,86(176,67g) | 0,05(1,55g) | 93,6 |
| Aluviuni, Arizona | 0,012(0,37g) | 0,012(0,37g) | urme | 100 |
| Minereu carbonatat, | | | | |
| Nevada 1 | 0,22—0,30 | 0,288(8,95g) | 0,016(0,49g) | 94,7 |
| 2 | (6,8—9,3g) | 0,272(8,46g) | 0,030(0,99g) | 90,3 |
| Minereu necarbonatat, | | | | |
| Nevada 1 | 0,32—0,36 | 0,321(9,98g) | 0,010(0,31g) | 97,0 |
| 2 | (9,95—11,2g) | 0,331(10,29g) | 0,012(0,37g) | 96,5 |
| Minereu necarbonatat concentrat, California | 2,35—2,50 (73,09—77,75g) | 2,28(70,91g) | 0,09(2,8g) | 96,2 |
| Minereu | | | | |
| 1 | 0,042(1,3g) | 0,039(1,21g) | urme | 92,9 |
| 2 | 0,013(0,40g) | 0,012(0,37g) | urme | 92,3 |
| 3 | 0,006(0,18g) | 0,006(0,18g) | urme | 100 |
| Minereu alivionar, Utah | | | | |
| 1 | 0,076(2,36g) | 0,071(2,2g) | 0,03(0,093g) | 96,0 |
| 2 | 0,128(3,98g) | 0,121(3,76g) | 0,015(0,466g) | 89,0 |
| 3 | 0,071(2,20g) | 0,068(2,11g) | 0,010(0,310g) | 87,2 |
| Minereu necarbonatat, Colorado | 0,042(1,3g) | 0,037(1,15g) | 0,006(0,18g) | 90,0 |

(1,13 g/t), în care procedeul de lesiere în grămadă, utilizat la o extracție în metal de aprox. 60%, urmează să fie înlocuit prin procedeul HGP, extracțiile în aur obținute prin testările de laborator cu acest procedeu indicînd extracții în metal realizabile de 95%. Compania Haber Inc. pregătește, în continuare, aplicarea procedeului la mai multe zăcăminte cu conținuturi scăzute de aur, situate în Arizona și Utah.

În tabelul 1 sînt date rezultatele obținute prin utilizarea procedeului HGP la prepararea unor minereuri la diferite mine din S.U.A.

Se apreciază că noul procedeu HGP de extragere a aurului, în situația că datele prezentate de companie vor fi confirmate, în continuare, de rezultatele industriale, reprezintă primul progres real în tehnologia de extragere a aurului, după descoperirea lui Elsner, din anul 1890, prin introducerea lesierii cu cianură, care a revoluționat la vremea respectivă tehnologia preparării minereului de aur și argint.

Rezultatele care vor apărea în continuare vor elucida această apreciere.

## Concluzii

Aria noilor tehnologii și inovații în procesele tehnologice de extracție a aurului din minereuri este vastă. Fiecare tip de minereu cu conținut de aur și argint are caracteristicile sale mineralogice și fizico-chimice și se deosebește de alte minereuri, astfel încît nu poate fi stabilit un proces tehnologic standard, universal aplicabil pentru valorificare. Minereurile pot conține aurul sub foarte multe forme: liber, fin, diseminat, granule de sulfuri, particule incluse în granule de sulfuri cuprinse în rețeaua cristalină.

De asemenea, minereurile aurifere pot conține minerale care au o influență negativă asupra posibilităților de aplicare a unor tehnologii.

Caracteristicile minereurilor aurifere pot diferi în același zăcămînt, de la zonă la zonă. În toate cazurile este necesară o testare atentă și deosebită, minuțioasă, pentru stabilirea posibilităților optime de valorificare, respectiv de alegere a tehnologiei.

Pentru efectuarea acestor testări trebuie să se dispună de o bază materială adecvată și de personal corespunzător. Schimbarea caracteristicilor minereurilor fiind foarte frecventă, testările trebuie făcute continuu, iar tehnologiile adaptate ca atare.

Nucleele de cercetare uzinală din întreprinderi sînt perfect justificate. Trebuie stimulată în continuare realizarea de îmbunătățiri în procedeele de valorificare a minereurilor aurifere, de aplicare a noilor idei caracterizate în invenții și inovații în acest domeniu.

Față de îmbunătățirile și inovațiile aduse și realizate în domeniul preparării minereurilor în general, industria de extracție a aurului a înregistrat în ultimul timp un progres însemnat.

Noile tehnologii aplicate au permis valorificarea unor zăcăminte cu conținut redus, fiind astfel sporit volumul rezervelor active. Se apreciază că există premise ca în viitor să se aplice în continuare noi tehnologii foarte eficiente, randamentele previzibile situîndu-se aproape de valoarea maximă realizabilă.

### Bibliografie


[1] Chamberlain, G. Peter, Pojer, G. Michaek *Stadiul actual al operațiunilor de lesiere a aurului și argintului în Statele Unite ale Americii.* Lucrările Congresului A.I.M.E., Chicago, 22—26 februarie 1981.

[2] Eisele, J. A., Wrobleuschi, M. D. *Lesierea în trepte și recuperarea electrolitică directă a aurului.* Primul simpozion privind recuperarea metalelor prețioase, 10—11 iunie 1984.

[3] Acton, R. C., Charles, D. W. *Proceduri actuale de recuperare a aurului și argintului.* Congresul al XIV-lea de Mineralurgie, Toronto—Canada, 17—23 octombrie 1982.

[4] Zagon, Șt. *Realizări în aplicarea procedeului CIP la unele exploatări miniere din Australia.* Ranger Exploration N.L.

[5] Mirsari, D. N. *Ciurul liniar o realizare majoră în dezvoltarea ciuruirii în industria aurului.* Conferința internațională a recuperării aurului, vol. 2. Johanesburg SAIMM 1986.

[6] Meier, D. M., Vinchliffa, W. D., Griffin, A. *Metodă și soluții pentru eluția aurului de pe cărbune.* Conferința regională a mineritului aurifer, metalurgie și geologie. Perth Australia, octombrie, 1984.

[7] Cole, P. M. Broembsen, D. S., Laxen, P. A. *Un nou proces de regenerare a cărbunelui.* Conferința internațională a recuperării aurului, vol. 2, Johannesburg, SAIMM, 1986.

[8] Grecu, B. R., Schruelhus, A. H., Kotze, M. H. *Noi rășini pentru extracția aurului.* Conferința internațională a recuperării aurului, vol. 2, Johannesburg, SAIMM, 1986.

[9] Wall, N. C., Hornby, J. C., Selhi, K. J. *Concentrarea aurului.* Mining Magazine, noiembrie 1987.

[10] Deveryst, E. A., Conard, B. R., Hudson, W. *Aplicația industrială a procedeului Inco de eliminare a cianurii cu $SO_2$.* Primul simpozion internațional privind recuperarea metalelor prețioase, 10—14 iunie 1984.

[11] Hiskey, I. B. *Lesierea cu tiouree a aurului și argintului.* Procese minerale și metalurgice, vol. 1, noiembrie 1984.

[12] Schulze, R. G. *Noi aspecte privind lesierea cu tiouree a metalelor prețioase.* Journal of Metals, vol. 36, iunie 1984.

[13] Elmoie, C., Brison, R. J. *Tehnologia Kernyr pentru lesierea minereurilor de aur și argint.* Primul simpozion internațional privind recuperarea metalelor prețioase, 10—14 iunie 1984.

[14] Haber, N., Lee, J. *Dezvoltarea unui nou procedeu de extragere a aurului.* Metal Bulletin, 9 martie 1984.

# Grinzi drepte continue cu reazeme de nivel, în contact cu tavane orizontale de excavaţii miniere

Ing. **Zs. Daday**, ing. **Elena Rădulescu**, ing. **F. Nemeş**
Întreprinderea Minieră Bălan

## Consideraţii preliminare

Avînd eficienţă tehnico-economică ridicată, armăturile cu grinzi continue (fig. 1) se utilizează frecvent la susţinerile miniere.

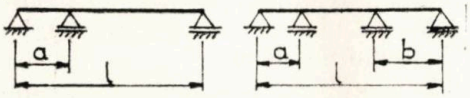



Fig. 1. Grinzi continue uzuale în subteran (exemple).

Deplasările ascendente fiind împiedicate de reacţiunea tavanului (RT), în condiţiile din subteran grinzile amintite se pot deforma numai descendent. Axa lor deformată $v$ este, în consecinţă, o curbă deschisă, continuă şi lină, compusă din mai multe segmente curbe, racordate orizontal (fără rotiri) pe reazemele din panou (cele aşezate între, nu la capetele grinzii), curbă cu deplasamente maxime (săgeţi) între reazeme şi la capete de consolă (fig. 2), cu

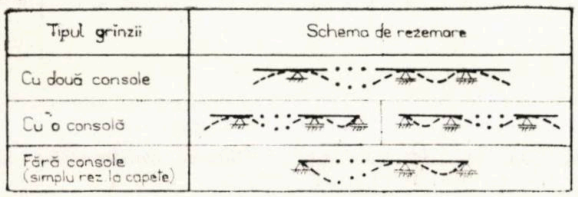



Fig. 2. Tipuri de grinzi continue în regim subteran: ——— înainte; — — — după deformare.

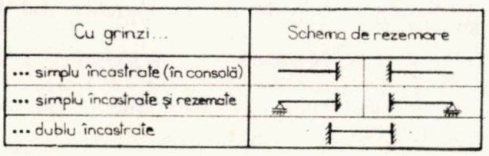



Fig. 3. Tronsoanele fictive tip ale grinzilor continue subterane.

schimbări de curbură (inflexiuni) între extremele algebrice corespunzătoare săgeţilor şi reazemelor din panou (fig. 4).

## Principii de calcul

Profitînd de deformaţiile impuse de presiunea minieră şi reacţiunea tavanului cu rotiri nule în reazemele din panou, sistem echivalent cu o succesiune de încastrări, rezolvarea problemei începe cu descompunerea grinzii (fig. 2) în tronsoane fictive tip încastrate la unul sau la ambele capete (fig. 3).

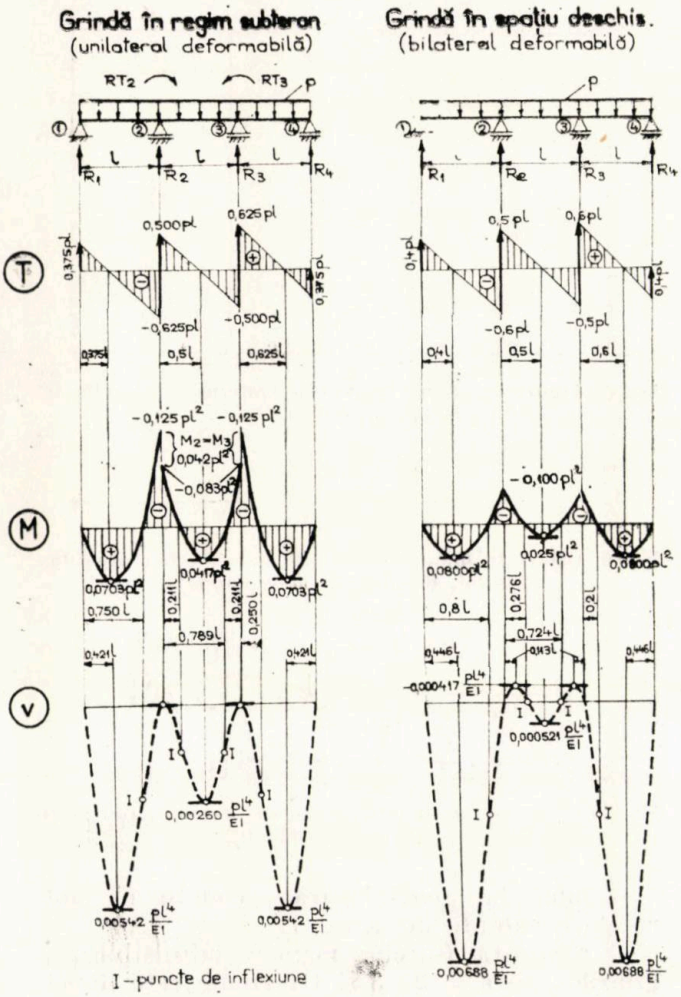



Fig. 4. Grinzi cu trei deschideri egale încărcate cu sarcini uniform distribuite de intensitate $p$, în daN/cm.

Se calculează apoi, rînd pe rînd, prin metodele statisticii construcţiilor, eforturile şi deformaţiile pentru fiecare tronson tip (static determinat, simplu şi dublu static determinat) şi se pun cap la cap diagramele aferente. Se constată că în unele reazeme din panou momentul încovoietor $M$ prezintă salturi, atestînd existenţa unor momente exterioare ce acţionează asupra grinzii, pe lîngă sarcina propriu-zisă dată de presiunea minieră. Acest aspect elucidează natura reacţiunii (RT) prin care tavanul împiedică deplasările ascendente. Momentele exterioare se trec îndată pe schema de sarcini şi reacţiuni.

## Exemplificări, comparații

În cazul grinzilor continue pe reazeme echidistante, simplu sprijinite la capete, încărcate cu sarcini uniform distribuite de intensitate $p$, se constată:

— grinzile pe patru reazeme (fig. 4) rezistă mai puțin în regim subteran decît în spații deschise (cazul planșeelor, podurilor ș.a.);

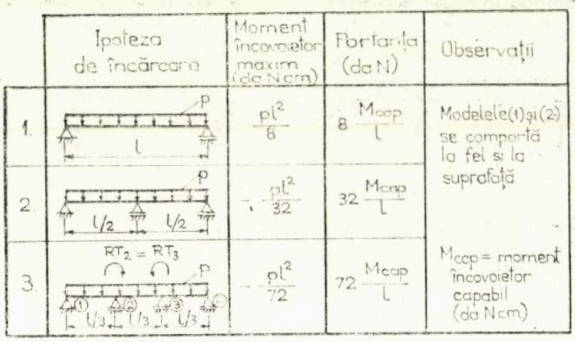



Fig. 5. Tipuri de grinzi cu sarcini uniform distribuite în condiții de subteran.

Fig. 6. Grinzi pe două reazeme care, datorită reacțiunii tavanului, devin static nedeterminate.

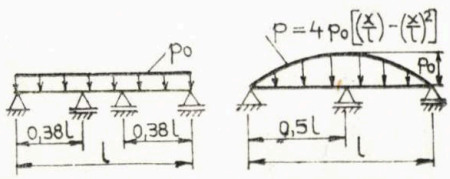



Fig. 7. Grinzi cu același comportament în subteran și la suprafață ($RT = 0$).

— pînă la generalizarea concluziei sînt necesare calcule de la caz la caz;

— portanța (sarcina maximă admisibilă) a grinzilor pe $n = 2$; 3 și 4 reazeme este direct proporțională cu pătratul numărului de deschideri, respectiv cu $(n - 1)^2$.

## Concluzii

**1.** În cazul grinzilor continue în condiții de subteran, indiferent de natura sarcinii și poziția reazemelor, toate reacțiunile acestore sînt ascendente (pozitive); reacțiunile tavanului (RT) sînt momente exterioare, concentrata în dreptul reazemelor din panou, reacțiuni în prezența cărora și unele grinzi simplu așezate pe două reazeme (fig. 6) trec în regim static nedeterminat, caracteristic grinzilor continue.

**2.** În cazul general, de existență a momentului-reacțiune (RT) apar diferențe considerabile în tensiunile și comportamentul grinzilor unilateral deformabile și cele bilateral deplasabile în spații deschise (fig. 4).

**3.** Valoarea nulă a momentului-reacțiune (RT) constituie un caz particular (fig. 7), în care, în condiții egale de rezemare și încărcare cu sarcini, grinzile continue subterane se comportă la fel cu cele bilateral deplasabile.

**4.** În virtutea celor de mai sus, articolul publicat în revista noastră nr. 3/1987, urmează să sufere completări.

### Bibliografie


[1] Buzdugan, Gh. ș. a. *Culegere de probleme de rezistență a materialelor*. Ed. Tehnică, 1955.

[2] Beleaev, N. M. *Rezistența materialelor*. Ed. Tehnică, 1956.

[3] Stamatiu, M. *Mecanica rocilor*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1962.

[4] Răutu, S., Bănuț, V. *Statica construcțiilor* (*Culegere de probleme*). Ed. Didactică și Pedagogică, 1969.

[5] Răutu, S., Bănuț, V. *Statica construcțiilor* Ed. Didactică și Pedagogică, 1972.

[6] Deutsch, I. *Rezistența materialelor*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1976.

[7] Mocanu, D. R. *Rezistența materialelor*. Ed. Tehnică, 1980.

[8] Buzdugan, Gh. *Rezistența materialelor*. Ed. Tehnică, 1980.

[9] Daday, Zs., Nemeș, F., Bărbat, L. *Aspecte de calcul și aplicare a grinzilor pe trei reazeme încărcate cu sarcini distribuite parabolic*. Mine, Petrol și Gaze, nr. 3, 1987.

# Cercetări privind construcția, fabricația și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu (III)

Conf. dr. ing. **V. Ulmanu**, șef. lucr. dr. ing. **Gh. Zecheru**,
șef lucr. dr. ing. **Gh. Drăghici**, conf. dr. ing. **M. Marcu**,
asist. ing. **M. Minescu**, asist. ing. **V. Ispas**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

## IV. Caracteristici speciale ale aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj

Estimarea corectă a performanțelor de lucru și a durabilității în exploatare ale prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu necesită a se cunoaște, în afară de caracteristicile mecanice generale prezentate anterior, și alte caracteristici ale aliajelor de aluminiu utilizate la realizarea acestor echipamente petroliere, cum sînt: rezistența la fisurare în prezența concentratorilor de tensiuni, comportarea la solicitări variabile, rezistența la acțiunea mediilor corosive.

Pe de altă parte, realizarea în condiții optime a prelucrărilor mecanice prin așchiere necesare obținerii la capetele țevilor extrudate ale prăjinilor de foraj a suprafețelor netede și filetate cu rol funcțional în asamblările tip „cu triplu blocaj" dintre țevi și racordurile speciale impune cunoașterea caracteristicilor de prelucrabilitate prin așchiere ale aliajelor de aluminiu din care sînt confecționate țevile.

Principalele date privind aceste caracteristici, cuprinse în denumirea generică de „caracteristici speciale ale aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj" sînt prezentate în continuare.

### 1. *Rezistența la fisurare a aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj*

Aprecierea rezistenței unei prăjini de foraj la apariția fenomenelor de rupere se poate face, (într-o primă etapă) considerînd că solicitările din exploatare ale acesteia au intensități constante și este aplicabil criteriul general:

$$\sigma_{e,max} \leqslant \sigma_a, \qquad (4)$$

în care:

$\sigma_{e,max}$ reprezintă efortul unitar echivalent maxim calculat ținînd seama de solicitările din exploatare ale prăjinii (tracțiune, sub acțiunea greutății garniturii de foraj, torsiune datorită transmiterii momentului de răsucire necesar rotirii sapei de foraj, presiune datorită acțiunii fluidelor de foraj) prin aplicarea unei teorii de rezistență adecvate (de exemplu, teoria energiei potențiale de schimbare a formei [2]);

$\sigma_a$ — rezistența admisibilă a materialului din care este confecționată prăjina analizată.

Dacă aplicarea criteriului (4) în cazul unei prăjini din aliaj de aluminiu se face în ipoteza inexistenței unor concentratori de tensiuni cu efecte semnificative, determinarea rezistenței admisibile $\sigma_a$ necesită ca date experimentale numai caracteristicile mecanice la tracțiune, $R_{p0,2}$ și/sau $R_m$, ale aliajului de aluminiu din care este confecționată prăjina analizată ($\sigma_a$ se calculează raportînd caracteristicile menționate la coeficienți de siguranță de mărime aleasă corespunzător); în această situație, datele prezentate în cap. III. și IV. privind caracteristicile mecanice ale aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj satisfac complet necesitățile inginerești.

Ipoteza lipsei concentratorilor de tensiuni este însă neacceptabilă, deoarece orice prăjină de foraj prezintă atît concentratori macroscopici (filete, schimbări de secțiune), cît și concentratori microscopici, de tipul unor discontinuități de material (fisuri, zgîrieturi superficiale, incluziuni, defecte de structură), cu efecte notabile asupra caracteristicilor stărilor de tensiuni ce se dezvoltă în prăjini sub acțiunea solicitărilor din exploatare. În acest caz, la aplicarea criteriului (4), $\sigma_{e,max}$ trebuie calculat considerînd tensiunile reale din zonele cu concentratori (obținute, de exemplu, prin amplificarea tensiunilor stabilite în absența concentratorilor cu coeficienții de concentrare $k_\alpha$ corespunzători geometriei concentratorilor [2; 45]), iar pentru determinarea rezistenței $\sigma_a$ trebuie utilizate caracteristicile mecanice rezultate prin încercări la tracțiune pe epruvete cu concentratori (cu efecte similare celor existenți pe prăjina de foraj analizată): rezistența la rupere $R_{mc}$ și/sau limita de curgere $R_{pc}$. Pentru cele trei tipuri de aliaje de aluminiu folosite cu precădere la realizarea prăjinilor de foraj caracteristicile mecanice la tracțiune în prezența concentratorilor de tensiuni sînt prezentate în diagramele din figura 17 [23; 49]. Modul cum variază mărimile acestor caracteristici, în funcție de temperatura la care sînt determinate, este redat în figura 18 [23].

Analizînd diagramele din figurile 17 și 18, rezultă că prezența concentratorilor de tensiuni are efecte de diminuare importantă a caracteristicilor de rezistență ale pieselor din aliaje

de aluminiu atunci cînd concentratorii sînt superficiali (parametrul $A_n$ are valori reduse) și au acuitate mare (raza la vîrf $r$ și raportul $a_c/r$ sînt mici), condiții ce se realizează dacă aceștia au configurația unor fisuri. Metodele

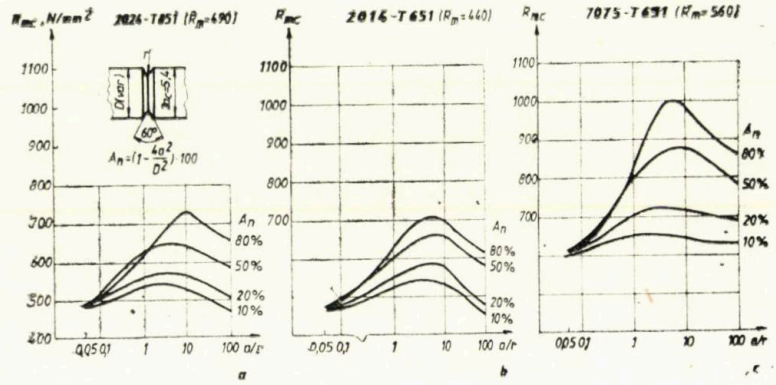



Fig. 17

moderne de verificare a siguranței în exploatare a prăjinilor de foraj iau în considerație faptul că rezistența acestor echipamente este dependentă de efectele prezenței în corpul lor a defectelor de material asimilabile unor discontinuități fizice de tip fisură și utilizează metodele mecanicii ruperii [34 ; 46]. În cazul prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, ținînd seama că în starea de utilizare (după aplicarea tratamentelor de călire și îmbătrînire) materialul prăjinilor are capacitate scăzută de deformare (v. valorile caracteristicilor $A_5$ și $KV$ prezentate în tab. 7 ; 8 și 10), criteriul (bazat pe principiile mecanicii ruperii) de verificare a capacității lor de a se opune inițierii fenomenelor de propagare instabilă a fisurilor pe care le conțin (rupere fragilă) are următoarea formulare analitică [34 ; 43] :

$$K_I = \sigma\sqrt{\pi \cdot a \cdot \beta\,(a,\ L_i)} \leqslant L_{Ic}. \qquad (5)$$

În relația (5), $K_I$, numit factorul de intensitate al tensiunilor, este un parametru ce exprimă măsura concentrării tensiunilor la vîrful unei discontinuități fizice de tip fisură existente în corpul unei prăjini ; $K_I$ depinde, așa cum rezultă din expresia sa generală dată în (5), de intensitatea eforturilor unitare $\sigma$ din prăjina analizată (calculată în absența fisurii), de semilungimea fisurii $a$ (măsurată pe direcția de propagare posibilă a acesteia) și de funcția $\beta$ avînd ca variabile dimensiunea $a$ și dimensiunile $L_i$ ce descriu configurația geometrică a prăjinii și amplasarea defectului de tip fisură în corpul acesteia. Caracteristica de material prezentă în criteriul (5) este factorul critic de intensitate al tensiunilor (sau tenacitatea la rupere) $K_{Ic}$. Această caracteristică, ce se determină prin încercări mecanice speciale (STAS 9760—84) are, în cazul celor trei tipuri de aliaje de aluminiu utilizate la confecționarea prăjinilor de foraj, valorile prezentate în figura 19 [23]. Deoarece încercările de determinare directă a factorului $K_{Ic}$ sînt complicate și costisitoare, s-au dezvoltat metode de estimare a valorilor acestei caracteristici pe baza rezultatelor unor încercări mecanice simple [43].

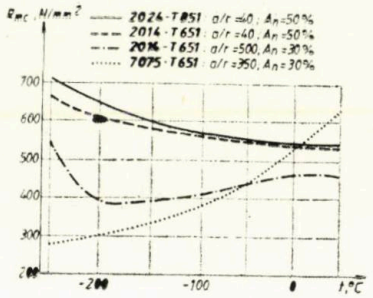



Fig. 18

Pentru aliajele de aluminiu de tipul celor folosite la realizarea prăjinilor de foraj metodele de acest fel se bazează pe :

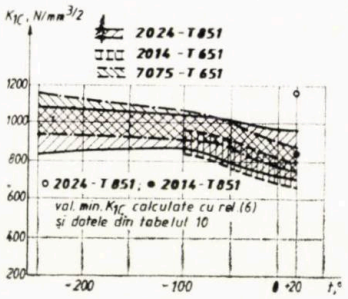



Fig. 19

— corelațiile (evidențiate experimental) dintre caracteristica $K_{Ic}$ și mărimile rapoartelor $R_{mc}/R_{p0,2}$, $R_{mc}$ fiind determinate prin încercarea la tracțiune a unor epruvete rotunde cu crestătură centrală (cu diametrul $D = 12{,}7 \pm \pm 0{,}035$ mm ; unghiul crestăturii 60° ; raza la vîrful crestăturii $r = 0{,}018$ mm ; diametrul la vîrful crestăturii $2 \cdot a_c = 8{,}96 \pm 0{,}035$ mm), iar $R_{p0,2}$ — prin încercări la tracțiune pe epruvete normale (netede) (fig. 20) [20 ; 42] ;

— corelațiile dintre $K_{Ic}$ și caracteristicile mecanice clasice $R_{p0,2}$ și $KV$, exprimate prin relații de forma [43 ; 39] :

$$K_{Ic}^2 = 640 \cdot R_{p0,2}(KV) - 6{,}4(R_{p0,2})^2, \qquad (6)$$

în care, pentru a obține valorile $K_{Ic}$ în N/mm$^{3/2}$, $R_{p0,2}$ se introduce în N/mm$^2$, iar $KV$ — în J.

Avînd în vedere rezultatele din cap. III. se poate aprecia că toate datele prezentate pri-

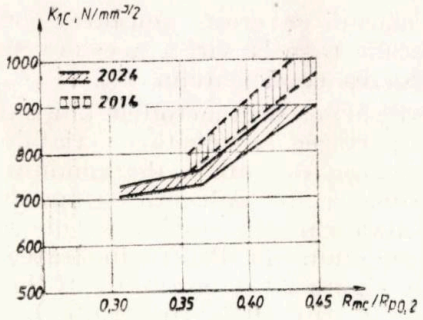


Fig. 20

vind rezistența la fisurare a prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu sînt aplicabile și prăjinilor de acest tip realizate în țara noastră.

2. *Comportarea la oboseală a aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj*

Rotirea garniturilor de foraj în găuri de sondă deviate accidental sau controlat (foraj dirijat) conduce întotdeauna la dezvoltarea în prăjini a unor tensiuni alternant simetrice de încovoiere. Intervenția acestor tensiuni, ce se cumulează cu cele produse de încărcările constante sau cvasiconstante de tracțiune, torsiune și presiune la care sînt supuse prăjinile de foraj în timpul exploatării, dă caracter variabil sistemului general de solicitare al prăjinilor. În mod obișnuit se consideră numai efectul cumulat al solicitărilor de tracțiune și încovoiere rotativă și rezultă că prăjinile de foraj sînt supuse în exploatare unor cicluri de solicitare axială variabilă caracterizate prin: tensiunea maximă $\sigma_{max} = \sigma_t + \sigma_i$, tensiunea minimă $\sigma_{min} = \sigma_t - \sigma_i$, tensiunea medie $\sigma_m = \sigma_t$, amplitudinea tensiunilor $\sigma_{am} = \sigma_i$ și coeficientul de asimetrie $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ ($\sigma_t$ și $\sigma_i$ fiind eforturile unitare maxime dezvoltate sub acțiunea solicitărilor de tracțiune, respectiv de încovoiere a prăjinilor) [2].

Aprecierea performanțelor în exploatare ale prăjinilor de foraj supuse acțiunii solicitărilor variabile impune cunoașterea comportării la astfel de solicitări a materialelor din care sînt confecționate.

Metodele obișnuite de verificare a comportării la solicitări variabile și de estimare a durabilității în exploatare a prăjinilor de foraj utilizează pentru caracterizarea materialului acestora curba Wöhler stabilită experimental pe baza rezultatelor încercării la solicitări variabile (prin cicluri cu diferite intensități ale tensiunilor $\sigma_{min}$ și $\sigma_{max}$, dar cu $R$ constant) a unui număr mare de epruvete din materialul respectiv. Curba Wöhler, ce exprimă corelația dintre tensiunea maximă a ciclurilor de solicitare variabilă $\sigma_{max}$ și numărul de cicluri pînă la ruperea epruvetelor (durabilitatea epruvetelor) $N$, reprezintă mijlocul cel mai comod de a defini rezistența la oboseală $R_R$ a materialului prăjinilor; $R_R$ este ordonata punctului de pe curbă ce corespunde unei valori date (convenționale) a durabilității (indicele $R$ în simbolul $R_R$ precizează valoarea coeficientului de asimetrie al ciclurilor de solicitare aferente curbei Wöhler utilizate la definirea rezistenței la oboseală). Rezistența la oboseală este caracteristica ce intervine explicit în relațiile analitice proprii metodelor uzuale de verificare a comportării la solicitări variabile a prăjinilor de foraj.

Curbele Wöhler, determinate prin încercări de încovoiere rotativă (cicluri alternant simetrice, $R = 1$) pentru cele trei tipuri de aliaje de aluminiu cu pondere mare de utilizare la confecționarea prăjinilor de foraj, sînt prezentate în figura 21 [23; 31]. La definirea rezistenței la oboseală $R_{-1}$ cu ajutorul acestor curbe se recomandă considerarea unei valori a durabilității $N$ în intervalul $10^7 \ldots 5 \cdot 10^8$ cicluri [10].

Pentru a vedea dacă aliajele de aluminiu folosite în țara noastră la realizarea unor prăjini de foraj prototip sînt corespunzătoare din punctul de vedere al comportării la solicitări variabile, s-au efectuat încercări de determinare a rezistenței la oboseală $R_{-1}$ la temperatura ambiantă, utilizînd metoda secvențială a treptelor [2; 50]; valorile $R_{-1}$ obținute (cu $N = 2 \cdot 10^7$ cicluri) au fost: $R_{-1} = 147$ N/mm$^2$ în cazul aliajului tip 2024 și $R_{-1} = 120$ N/mm$^2$ pentru aliajul tip 2014. Pe epruvete menținute în prealabil 200 ore la 125°C s-au efectuat, de asemenea, încercări de determinarea rezistenței la oboseală $R_{-1}$ la temperatura ambiantă; s-a aplicat metoda Locatti [2; 50] și s-a obți-

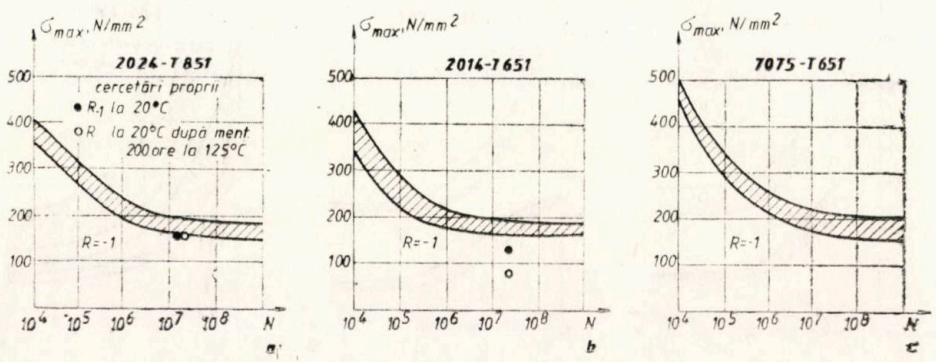


Fig. 21

nut : $R_{-1} = 148$ N/mm² în cazul aliajului românesc tip 2024 și $R_{-1} = 78$ N/mm² pentru aliajul tip 2014.

Analizînd aceste rezultate, prin comparație, reiese că :

— aliajul tip 2014 fabricat la noi în țară are rezistența la oboseală $R_{-1}$ mai mică decît aliajele similare produse în străinătate ; în cazul acestui aliaj, menținerile îndelungate la temperaturi peste 125° produc modificări structurale cu efecte negative notabile privind comportarea la oboseală ($R_{-1}$ scade cu peste 35%) ;

— aliajul tip 2024 produs în țara noastră are $R_{-1}$ la nivelul aliajelor de același tip fabricate pe plan mondial și nu-și degradează caracteristicile de oboseală în urma menținerilor la temperaturi sub 125°C.

Caracteristicile prezentate în figura 21 și rezultatele încercărilor efectuate pe aliajele de aluminiu produse la noi în țară trebuie utilizate cu discernămînt, luînd în considerație următoarele aspecte :

• solicitările cumulate de tracțiune și încovoiere rotativă ale prăjinilor de foraj se caracterizează de obicei prin $\sigma_t \geqslant \sigma_i$ și, ca urmare, ciclurile de solicitare variabilă a acestor echipamente au $0 \leqslant R < 1$ (nu sînt alternant simetrice) ;

• caracteristicile privind comportarea la oboseală ale aliajelor de aluminiu sînt influențate de prezența concentratorilor de tensiuni.

Modul în care asimetria ciclurilor de solicitare variabilă și concentratorii de tensiuni influențează caracteristicile de comportare la oboseală ale celor trei tipuri de aliaje de aluminiu folosite la realizarea prăjinilor de foraj este redat în figura 22 [23 ; 41]. Se observă că la solicitări variabile prin cicluri cu $0 \leqslant R < 1$ aliajele analizate au rezistențe la oboseală mai ridicate decît cele înregistrate în cazul solicitărilor ciclice cu $R = -1$ ; prezența concentratorilor de tensiuni este însă întotdeauna nocivă, efectele de diminuare a rezistenței la oboseală produse de aceasta fiind mai însemnate pe măsură ce crește acuitatea concentratorilor (scade raza la vîrf a acestora și se mărește valoarea coeficientului $k_\alpha$).

La verificările (prin metodele obișnuite) privind comportarea la solicitări variabile a prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu trebuie ținut seama și de influența temperaturii de lucru asupra caracteristicilor de oboseală ale aliajelor de aluminiu. Pentru ilustrarea acestui aspect, în figura 23 se prezintă curbele Wöhler ale aliajului tip 7075, construite la diferite temperaturi (între −200°C și +250°) C [23] ; se poate trage concluzia că temperaturile de lucru mai mari de 100...150°C diminuează sensibil reistențele la oboseală ale aliajelor de aluminiu folosite la fabricarea prăjinilor de foraj.

Metodele moderne de analiză a comportării la solicitări variabile a prăjinilor de foraj țin seama de influența esențială a prezenței în materialul acestor echipamente a defectelor asimilabile cu discontinuități fizice de tip fisură și consideră că durabilitatea în exploatare a unei prăjini poate fi exprimată cantitativ prin numărul de cicluri de solicitare variabilă $N_p$ în care se realizează propagarea stabilă a defectelor de tip fisură din corpul acesteia.

Pentru descrierea proceselor de propagare stabilă a fisurilor sub acțiunea solicitărilor variabile se aplică principiile mecanicii ruperii. Prin cercetări experimentale [32 ; 34], s-a constatat că viteza de propagare stabilă a unei fisuri sub acțiunea solicitărilor variabile $da/dN$ este influențată esențial de doi factori : $\Delta K_I$ — variația ciclică a factorului de intensitate al tensiunilor la vîrful fisurii (aflată, așa cum rezultă din relația (5), în dependență directă cu amplitudinea $\sigma_{ma}$ a ciclurilor de solicitare) și $R$ — coeficientul de asimetrie al ciclurilor de solicitare. Corelațiile experimentale de forma $\frac{da}{dN} = \varphi(\Delta K_I, R)$ pot fi privite ca ecuații diferențiale în care funcția este dimensiunea $a$ a fisurii aflată în propagare, iar variabila —

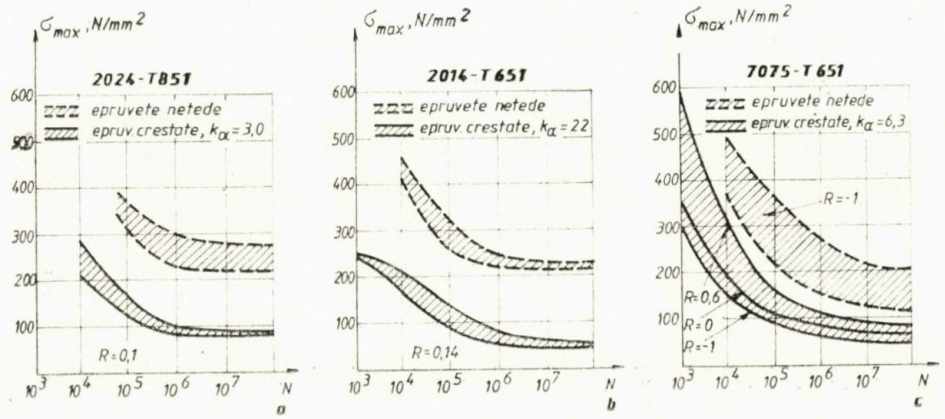



Fig. 22

numărul de cicluri de solicitare $N$. Integrînd o astfel de ecuație cu considerarea variației dimensiunii $a$ între o valoare $a_0$ (dimensiunea inițială a fisurii) și o valoare $a_{cr}$ (dimensiunea critică a fisurii, la atingerea căreia fisura se

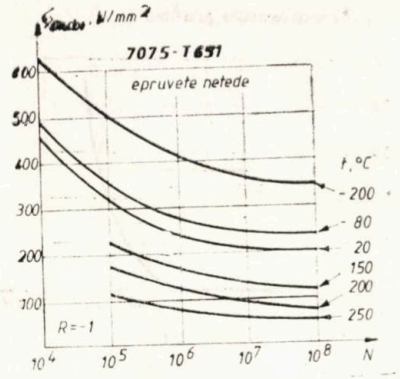



Fig. 23

propagă instabil declanșînd ruperea bruscă a materialului) se poate determina durabilitatea $N_p$ a piesei analizate.

Prin interpretarea statistică a rezultatelor cercetărilor experimentale, întreprinse asupra celor trei tipuri de aliaje de aluminiu utilizate la confecționarea prăjinilor de foraj, s-au stabilit următoarele expresii analitice ale funcției $\varphi$:

— pentru aliajul tip 2024—T851, [10; 23]:

$$\frac{da}{dN} = \varphi(\Delta K_I) =$$

$$= \begin{cases} 5{,}65 \cdot 10^{-17} \cdot (\Delta K_I)^{4{,}963} \text{ pentru } \Delta K_I = \\ \quad = 100 \ldots 315 \text{ N/mm}^{3/2} \\ 6{,}97 \cdot 10^{-9} \cdot (\Delta K_I)^{1{,}724} \text{ pentru } \Delta K_I = \\ \quad = 315 \ldots 1\,300 \text{ N/mm}^{2/3} \end{cases} \quad (7)$$

— pentru aliajul tip 2014—T641 [10; 23]:

$$\frac{da}{dN} = \varphi(\Delta K_I) =$$

$$= \begin{cases} 1{,}72 \cdot 10^{-32} \cdot (\Delta K_I)^{12{,}42} \text{ pentru } \Delta K_I = \\ \quad = 100 \ldots 160 \text{ N/mm}^{3/2} \\ 6{,}60 \cdot 10^{-15} \cdot (\Delta K_I)^{4{,}382} \text{ pentru } \Delta K_I = \\ \quad = 160 \ldots 340 \text{ N/mm}^{3/2} \\ 6{,}88 \cdot 10^{-34} \cdot (\Delta K_I)^{11{,}876} \text{ pentru } \Delta K_I = \\ \quad = 340 \ldots 1\,200 \text{ N/mm}^{3/2} \end{cases} \quad (8)$$

— pentru aliajul tip 7075—T651 [23; 31; 32]:

$$\frac{da}{dN} = (\Delta K_I,\ R) = 7{,}4 \cdot 10^{-9} \cdot$$

$$\cdot \frac{(\Delta K_I)^{3{,}21}}{1\,431{,}5 \cdot (1 - R) - \Delta K_I} \text{ pentru } \Delta K_I \geqslant \quad (9)$$

$$\geqslant 120 \text{ N/mm}^{3/2} \text{ și } -1 \leqslant R \leqslant 0{,}8.$$

Coeficienții și exponenții ce intervin în expresiile (7)...(9) sînt calculați astfel încît $\frac{da}{dN}$ rezultă în mm/ciclu, cînd $\Delta K_I$ se introduce în N/mm$^{3/2}$.

Utilizarea relațiilor (7)...(9) pentru diferite valori ale parametrului $\Delta K_I$ conduce la concluzia că, dintre cele trei aliaje de aluminiu pentru prăjini de foraj, aliajul 2024—T851 asigură cele mai mici viteze de propagare stabilă a fisurilor și deci prăjinile de foraj confecționate din acest aliaj vor prezenta cea mai bună comportare la acțiunea solicitărilor variabile.

### 3. *Comportarea la coroziune a aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj*

Este cunoscut faptul că, în general, piesele din aluminiu și aliaje ale acestuia datorează rezistența la coroziune peliculei de oxid de aluminiu ce se formează pe suprafețele lor. În mod obișnuit, acest strat fiind stabil compact și cu o bună aderență realizează o protecție corespunzătoare a pieselor față de acțiunea mediilor corosive.

În cazul aliajelor de aluminiu folosite la fabricarea prăjinilor de foraj, prezența unor compuși intermetalici în zona suprafeței pieselor și anumite caracteristici ale mediilor de lucru pot afecta compactitatea și stabilitatea peliculei oxidice protectoare și pot astfel determina declanșarea unor procese de coroziune. Ca urmare, prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu pot fi supuse în timpul exploatării sau al depozitării (înainte ori după utilizare) la procese de coroziune ce pot conduce de multe ori la scoaterea rapidă din uz a prăjinilor. Procesele de coroziune ce afectează de obicei durabilitatea prăjinilor de foraj sînt: coroziunea localizată în puncte (pitting) și fisurarea corosivă sub tensiune (SCC, de la Stress Corrosion Cracking), uneori acționînd însă și alte tipuri de procese (coroziunea intercristalină, oboseala prin coroziune, coroziunea erozivă).

#### 3.1. Coroziunea localizată în puncte

Această formă de coroziune apare ca rezultat al acțiunii celulelor electrochimice locale (micropile) ce se formează pe suprafața pieselor din aliaje de aluminiu datorită uneia sau mai multora din următoarele cauze: existența unor neomogenități chimice sau structurale ale aliajelor, separarea de faze la limitele grăunților cristalini, prezența tensiunilor locale la nivel macro sau microscopic, încălzirea neuniformă sau locală a pieselor, aerarea diferențiată, polarizarea prin surse exterioare de curent electric, contactul pieselor cu alte materiale metalice.

În cazul prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu acțiunea proceselor corozive de acest tip se poate manifesta atît în cursul exploatării acestor echipamente, cît și în timpul depozitării lor după utilizare. În timpul lucrului, mișcarea continuă a fluidului de foraj împiedică într-o oarecare măsură formarea micropilelor și defavorizează astfel procesele de coroziune; turbulențele în mișcarea fluidului de foraj ce se creează în zonele vecine racordurilor speciale favorizează însă desprinderea ușoară a produselor de coroziune și acționează astfel ca factori intensificatori ai vitezei de coroziune. În timpul depozitării după utilizare pericolul degradării prăjinilor prin coroziune localizată în puncte este maxim, deoarece urmele de fluid de foraj rămase pe prăjini, în combinație cu umezeala din aer, constituie un mediu deosebit de favorabil desfășurării proceselor de coroziune electrochimică.

Cei mai importanți factori de influență a proceselor de coroziune, localizată în puncte ce afectează prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu, sînt următorii.

**A.** Compoziția chimică a aliajelor de aluminiu. Dintre componentele aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj cea mai nefavorabilă influență din punctul de vedere al rezistenței la coroziune localizată o are cuprul; din acest motiv aliajele de aluminiu 2024 și 2014 (ce au în compoziție 3,5...5,0% Cu) sînt sensibile la acest tip de coroziune. Mg, Mn, Si, prezente ca elemente de aliere sau ca impurități, nu provoacă sensibilizarea la coroziune localizată a aliajelor de aluminiu [21].

**B.** Contactul prăjinilor din aliaje de aluminiu cu alte piese metalice. Acțiunea acestui factor se manifestă în cazul prăjinilor de foraj cu racorduri speciale din oțel; în timpul exploatării garniturilor de foraj alcătuite din astfel de prăjini s-a constatat o intensificare deosebită a coroziunii în puncte în zona de contact prăjină-racord special (aliaj de aluminiu-oțel), fenomenul fiind mai pregnant atunci cînd prăjinile erau confecționate din aliaj tip 2024 și mai atenuat în cazul utilizării prăjinilor din aliaj tip 7075 [21]. Eliminarea sau diminuarea acțiunii factorului de influență menționat se poate realiza aplicînd pe suprafețele de asamblare prăjină-racord masticuri pe bază de rășini sintetice (de tipul celor precizate în cap. II) care asigură izolarea electrică a pieselor asamblate.

**C.** Caracterul mediului de lucru. Acest factor, exprimat cantitativ prin $pH$ al mediului, acționează asupra stabilității peliculei de oxid de aluminiu, de pe suprafețele prăjinilor de foraj și, în funcție de direcția acțiunii, influențează intensitatea procesului de coroziune localizată. Așa cum se prezintă în figura 24 [21], în mediile apoase cu $pH = 4...9$ procesele de coroziune localizată sînt absente (aceste medii nu afectează stabilitatea peliculei de oxid de aluminiu), în mediile cu $pH > 9$ (soluții alcaline) vitezele proceselor de coroziune localizată sînt maxime, iar în mediile cu caracter puternic acid ($pH < 4$) vitezele de coroziune

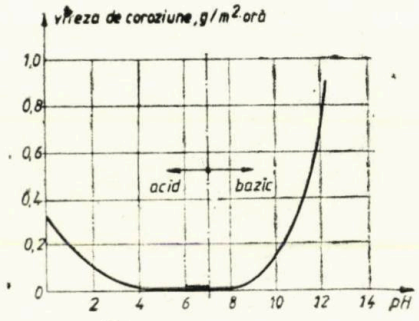


Fig. 24

sînt mici (prezența mediilor acide produce însă creșterea susceptibilității aliajelor de aluminiu la coroziunea intercristalină și, implicit, la fisurarea corozivă sub tensiune).

**D.** Compoziția chimică a mediului de lucru. Influența cea mai defavorabilă asupra comportării la coroziune a prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu o are prezența în mediul de lucru a clorurilor, în special a celor de Na și Mg. Capacitatea acestora de a provoca apariția coroziunii localizate în puncte se datorează faptului că ionii de clor (avînd dimensiuni relativ reduse) penetrează pelicula de oxid de aluminiu pe de suprafețele prăjinilor, declanșază reacții chimice locale și reduc astfel capacitatea de protecție a peliculei. Pentru soluțiile apoase ale fiecărui tip de clorură există o anumită concentrație la care efectele corosive sînt maxime; soluțiile cu 3,5% NaCl sînt cele mai active și, ca urmare, au fost alese ca mediu de lucru standard la verificarea rezistenței la coroziune a aliajelor de aluminiu (de exemplu, norma [6] prevede ca aliajele de aluminiu pentru prăjini de foraj din grupa II — v. cap. II — să fie încercate la coroziune în acest mediu și limitează viteza de coroziune la 1,21 g/m²·zi).

**E.** Temperatura de lucru. Datorită efectului de intensificare a reacțiilor chimice, creșterea temperaturii de lucru este un factor agravant atît pentru coroziunea localizată cît și pentru celelalte procese de coroziune ce afectează prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu. Cercetările privind influența temperaturii de lucru asupra desfășurării proceselor de coroziune localizată în puncte au arătat că acțiunea creșterii temperaturii se manifestă diferențiat: micșorează dezvoltarea în adîncime a punctelor de coroziune și stimulează inițierea de noi puncte prin efect autocatalitic [21]; în figura 25, ce prezintă sintetic rezultatele acestor cercetări, se evidențiază faptul că temperaturile de 40...50° sînt cele mai pericu-

loase din punctul de vedere al coroziunii localizate în puncte a aliajelor de aluminiu.

Avînd în vedere aspectele prezentate, ce evidenţiază clar cauzele şi factorii de influenţă ai degradării în exploatare a prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu prin acţiunea proceselor de coroziune localizată, s-a considerat necesar ca, pentru aliajele de aluminiu de fabricaţie

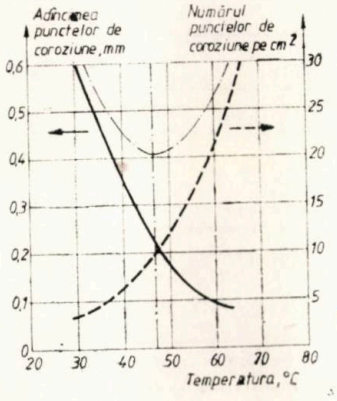



Fig. 25

românească folosite la realizarea prăjinilor de foraj prototip, să se efectueze cercetări experimentale care să furnizeze date concrete, utilizabile în practică, privind comportarea lor la acest tip de coroziune. Experimentările s-au realizat în condiţiile generale precizate în STAS 9684—82, folosind ca mediu de încercare un fluid de foraj pe bază de argilă cu *pH* reglat la valoarea dorită prin adăugarea de NaOH. Experimentările la temperaturi mai mari decît cea ambiantă s-au realizat prin introducerea într-o baie termostatată a vasului conţinînd epruvetele imersate în mediul de încercare. Pentru aprecierea cantitativă a rezistenţei la coroziune s-a măsurat pierderea de masă a epruvetelor după 24 ore de menţinere în mediul de încercare, cunoaşterea valorilor acestui parametru permiţînd calcularea în final a vitezelor de coroziune în g/m² ·zi.

O primă categorie de încercări a vizat evidenţierea influenţei caracterului alcalin al mediului de lucru asupra rezistenţei la coroziune localizată a aliajelor de aluminiu supuse studiului. Rezultatele acestor încercări sînt prezentate în figura 26. Analizînd aceste rezultate se constată că cele două aliaje de aluminiu realizate în ţara noastră pentru confecţionarea prăjinilor de foraj (tip 2024—T851 şi tip 2014—T651) s-au comportat identic în mediile de lucru în care au fost expuse; în mediile de lucru cu $pH > 9{,}5 \ldots 10$ vitezele de coroziune au depăşit valoarea admisibilă prescrisă de norma [6] şi, ca urmare, se recomandă utilizarea prăjinilor de foraj din aceste aliaje numai cu fluide de foraj avînd $pH = 7{,}5 \ldots 9{,}5$.

O altă categorie de încercări efectuate a avut ca scop stabilirea influenţei creşterii tem-

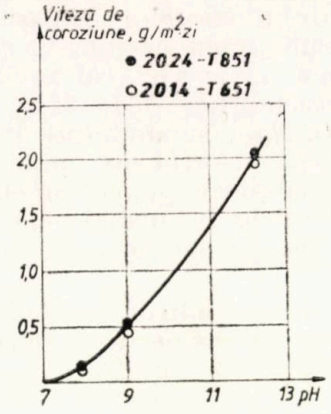



Fig. 26

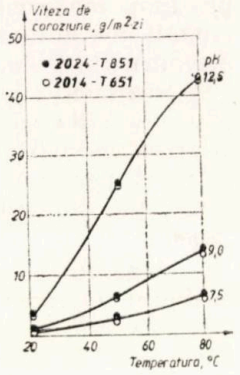



Fig. 27

peraturii asupra rezistenţei la coroziune a aliajelor de aluminiu de fabricaţie românească pentru prăjini de foraj. Rezultatele acestor încercări sînt prezentate sintetic în figura 27. Analizînd aceste rezultate se desprind următoarele concluzii :

— ambele aliaje analizate au avut comportare identică, la ridicarea temperaturii producîndu-se (indiferent de alcalinitatea mediului de lucru) o creştere a vitezei de coroziune;

— efectul creşterii temperaturii asupra rezistenţei la coroziune a aliajelor analizate se manifestă diferenţiat, funcţie de alcalinitatea mediului de lucru; în medii cu $pH > 9{,}0$ creşterea vitezei de coroziune o dată cu temperatura este deosebit de puternică;

— pentru ambele aliaje analizate, creşterea temperaturii peste valoarea ambiantă determină viteze de coroziune mai mari decît cele admisibile (conform normei [6]), chiar dacă alcalinitatea fluidelor de foraj este scăzută ($pH = 7{,}5$). Rezultatele obţinute sînt asemănătoare cu cele ale încercărilor efectuate pe aliaje de aluminiu similare fabricate în străinătate; astfel, în [21] se precizează că pentru aliajul 2024—T851 expus în fluid de foraj cu 0,5% sodă calcinată ($pH > 12{,}5$) s-au înregistrat viteze de coroziune de 26,4 g/m² ·zi la temperatura de 40° şi de 43,2 g/m² ·zi la temperatura de 80°C.

### 3.2. Fisurarea corozivă sub tensiune (SSC)

Această formă de coroziune constă în creşterea susceptibilităţii la fisurare a pieselor datorită acţiunii combinate a mediului de lucru şi stărilor de tensiuni existente în acestea. În acest context, un mediu de lucru se consideră activ dacă prin reacţii superficiale sau în volum cu materialul pieselor diminuează rezistenţa mecanică a acestuia (micşorează capacitatea de deformare a materialului şi/sau determină iniţierea şi propagarea în timp a fisurilor la nivele de solicitare mai reduse decît cele ce produc în absenţa sa aceste fenomene).

Exprimarea cantitativă a efectelor SCCasupra unui material metalic expus acţiunii unui anumit mediu de lucru se face cu ajutorul uneia din următoarele caracteristici [34; 36]:

— rezistenţa la SCC, $R_{SCC}$; se defineşte ca fiind intensitatea maximă a eforturilor unitate de tracţiune care, în condiţiile expunerii oricît de îndelungate a materialului în mediul considerat, nu determină apariţia fenomenelor de rupere;

— tenacitatea limită în condiţiile acţiunii mediului de lucru, $K_{ISCC}$; se defineşte ca fiind mărimea limită a factorului de intensitate al tensiunilor la vîrful unei fisuri existente în materialul expus acţiunii mediului considerat la care nu se produce propagarea fisurii (viteza de propagare este nulă).

Factorii de influenţă ai proceselor de SCC ce afectează aliajele de aluminiu pentru prăjini de foraj sînt următorii.

**A.** Starea structurală a aliajelor. Este factorul primordial în promovarea SCC a aliajelor de aluminiu în diverse medii de lucru, deoarece declanşarea proceselor corozive de acest tip implică totdeauna existenţa în materialul pieselor expuse mediilor active a unor traiecte structurale pe care sensitivitatea chimică să fie mai ridicată decît în matricea cristalină adiacentă [34]. În cazul aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj, starea structurală de utilizare (realizată prin aplicarea tratamentelor de călire şi îmbătrînire) este susceptibilă la apariţia fenomenelor de SCC: precipitatele obţinute în matricea de soluţie solidă $\alpha$ prin îmbătrînire (v. cap. III) constituie fazele ce determină sensibilizarea aliajelor la coroziune intercristalină şi creează premisele iniţierii de fisuri sub acţiunea combinată a mediului de lucru şi a tensiunilor mecanice. Nivelul susceptibilităţii la SCC al aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj este dependent de tipul precipitatelor din matricea $\alpha$ şi, implicit, de modul cum a fost realizat tratamentul de îmbătrînire; stările structurale pentru care rezistenţa la SCC a aliajelor este minimă sînt cele îndepărtate de echilibrul termodinamic (obţinute prin îmbătrînire naturală şi conţinînd precipitate coerente cu matricea $\alpha$ suprasaturată), iar stările structurale care asigură o bună rezistenţă la SCC sînt cele realizate prin îmbătrînire artificială sau supraîmbătrînire (stări apropiate de echilibru care, datorită diferenţelor de potenţial reduse între precipitatele de tip necoerent şi matricea $\alpha$ pe care le prezintă, sînt mai puţin sensibile la coroziune).

Aspectele prezentate privind comportarea la SCC a aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj au fost evidenţiate prin încercări efectuate folosind epruvetele (netede sau fisurate) pretensionate de la diferite nivele şi imersate ciclic (10 min. menţinere în mediul de lucru, 50 min. scoatere în aer), timp de 30 zile în soluţie apoasă de NaCl cu concentraţia 3,5%, [23; 36]. Valorile $R_{SCC}$ redate în tabelul 11,

*Tabelul 11*

| Aliaj | Stare | Tip îmbătrînire | $R_{p0,2}$, N/mm² | $R_{SCC}$, N/mm², Determinat pe epruvete*: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *L* | *T* | *S* |
| 2024 | T351 | naturală | 290 | 240 | 140 | 55 |
| | T851 | artificială | 400 | 345 | 345 | 275 |
| 2014 | T451 | naturală | 250 | 200 | 120 | 50 |
| | T651 | artificială | 410 | 310 | 210 | 55 |
| | T651 | artificială | 470 | 345 | 310 | 55 |
| 7075 | T7351 | supraîmbătrînire | 400 | 345 | 330 | 300 |

* direcţia de prelevare în raport cu cea de deformare: *L* — longitudinal; *T* — transversal; *S* — în sensul grosimii produsului

determinate prin astfel de încercări pentru diferite stări metalurgice ale aliajelor de aluminiu studiate, relevă influenţa pozitivă a aplicării îmbătrînirii artificiale sau asupra comportării la SCC, iar diagramele din figura 28 arată clar efectul imortant al creş-

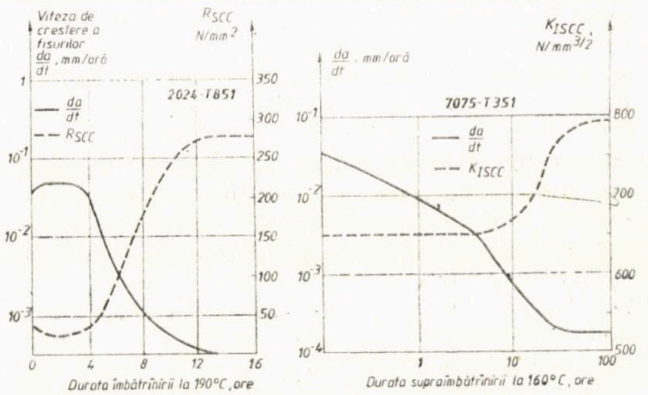



Fig. 28

terii duratei acestor tratamente asupra îmbunătăţirii comportării aliajelor de aluminiu la SCC şi sugerează modul cum trebuie stabilite duratele acestora pentru ca efectul respectiv să fie maxim; la utilizarea practică a acestor rezultate trebuie să se ţină seama însă că mărirea duratelor îmbătrînirii artificiale sau supraîmbătrînirii conduce la reducerea caracteristicilor de rezistenţă mecanică ale aliajelor de aluminiu (v. cap. III).

**B.** Compoziţia mediului de lucru. Influenţa cea mui puternică asupra declanşări fenomenelor de SCC o are prezenţa în mediul de lucru a clorurilor. Chiar dacă mediul de lucru este neutru sau uşor alcalin ($pH \geq 7$), la vîrful fisurilor superficiale (preexistente sau formate

prin acţiunea unui proces de coroziune localizată) ale pieselor din aliaje de aluminiu mediul capătă un puternic caracter acid, calculele teoretice şi măsurătorile experimentale indicînd atingerea în aceste zone a unor valori $pH = 3{,}2 \ldots 3{,}5$. Creşterea acidităţii mediului de lucru la vîrful fisurilor superficiale se datorează prezenţei ionilor $H^+$ care fie pătrund în materialul pieselor, fie se recombină în molecule şi se elimină în exterior. În aceste condiţii, la vîrful fisurilor superficiale pelicula de oxid de aluminiu este distrusă, în locul ei formîndu-se un strat de $AlCl_3 \cdot H_2O$ ce nu asigură o protecţie corespunzătoare a materialului pieselor. Problema apariţiei SCC în mediile care conţin cloruri prezintă importanţă deosebită în cazul exploatării prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, deoarece chiar dacă fluidele de foraj nu conţin cloruri în compoziţia lor iniţială, în timpul forajului este imposibil de evitat impurificarea lor cu ape de zăcămînte ce conţin cu certitudine astfel de săruri.

**C.** Temperatura de lucru. Creşterea temperaturii micşorează drastic timpul iniţierii proceselor de coroziune intercristalină a aliajelor de aluminiu şi acţionează astfel în sensul declanşării SCC; analizînd rezultatele experimentale prezentate în figura 29 rezultă că mărirea temperaturii peste 90° este un factor de intensificare al proceselor de SCC a pieselor din aliaje de aluminiu [36].

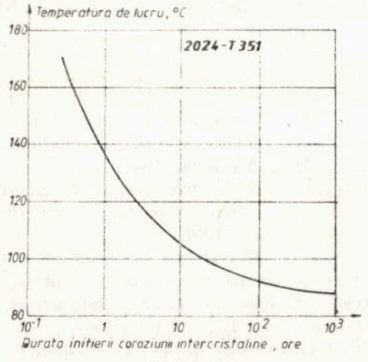



Fig. 29

Avînd în vedere toate aspectele şi rezultatele experimentale prezentate privind comportarea la coroziune a aliajelor de aluminiu se poate trage concluzia că prăjinile de foraj fabricate în ţara noastră din aliaje tip 2024—T851 şi tip 2014—T651 au rezistenţa la coroziune corespunzătoare dacă fluidele de foraj utilizate în timpul exploatării lor au $pH = 7{,}0 \ldots 9{,}5$ şi nu conţin cloruri, iar temperatura de lucru nu depăşeşte 40...50°C. Creşterea performanţelor privind comportarea la coroziune a acestor echipamente petroliere impune optimizarea în viitor a regimurilor de tratament termic aplicate în cazul cînd prăjinile sînt destinate exploatării în sonde corozive şi studierea posibilităţilor de folosire în acest caz a unor fluide de foraj conţinînd inhibitori de coroziune.

4. *Prelucrabilitatea prin aşchiere a aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj*

Prelucrarea în condiţii corespunzătoare a capetelor prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, cu obţinerea unor caracteristici ridicate de precizie dimensională şi calitate a suprafeţelor în zonele netede şi filetate cu rol funcţional la asamblarea prăjinilor cu racordurile speciale (asamblarea „cu triplu blocaj"), impune cunoaşterea principalelor particularităţi privind prelucrabilitatea prin aşchiere a acestor aliaje. Considerînd numai prelucrările prin strunjire de finisare şi de filetare (prelucrări principale la realizarea suprafeţelor de asamblare de la capetele prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu) au rezultat următoarele aspecte ce trebuie avute în vedere [9; 10; 44].

**A.** Prelucrarea în condiţii optime se asigură utilizînd cuţite cu plăcuţe din carburi metalice de tipul K10, K20, ascuţite atent, pentru realizarea unor rugozităţi minime ale tăişurilor ($R_a < 2$ μm). Pentru sculele de filetat se recomandă lepuirea tăişurilor folosind disc de fontă şi pastă abrazivă cu granulaţia 50...100 μm.

**B.** Parametrii geometrici ai sculei folosite la prelucrare au influenţe importante asupra rugozităţii suprafeţelor obţinute. Pentru realizarea caracteristicilor de calitate dorite ale suprafeţelor prelucrate este necesar ca la ascuţirea şi poziţionarea sculelor să se asigure: raza la vîrful cuţitului $r \geqslant 0{,}5$ mm; unghiul de degajare $\gamma = 25 \ldots 30°$ şi executarea pe suprafaţa de degajare a unui canal de sfărîmare a aşchiilor, unghiul de aşezare $\alpha = 5 \ldots 7°$; unghiul de atac principal $\varkappa = 40 \ldots 80°$ şi unghiul de atac secundar $\varkappa_1 = 10 \ldots 15°$. Cuţitele de filetat vor avea partea aşchietoare profilată în conformitate cu tipul de filet ce trebuie realizat şi forma tăişurilor corectată corespunzător ascuţirii cu unghiul de degajare $\gamma = 25 \ldots 30°$.

**C.** Suprafeţele prelucrate au calitate bună dacă se folosesc regimuri de aşchiere cu adîncimi de aşchiere mici ($t \leqslant 0{,}5$ mm), avansuri mici ($s$ la nivelul valorii minime asigurate de maşina-unealtă folosită la prelucrare) şi viteze de aşchiere în afara domeniului de apariţie a fenomenelor de depunere pe tăiş (viteze mici sau foarte mari, funcţie de posibilităţile maşinii-unelte utilizate). La operaţiile de filetare se recomandă folosirea unor viteze mici de aşchiere: $v \leqslant 50$ m/min, la primele treceri şi $v = 12 \ldots 15$ m/min. la finisarea filetului.

**D.** Suprafeţele prelucrate au calitate bună dacă se folosesc lichide de răcire-ungere care să asigure îndepărtarea uşoară a aşchiilor, fără posibilitatea lipirii unor fragmente din acestea pe suprafaţa de degajare a sculei; sînt recomandate emulsiile de răcire cu 17% apă sau petrolul, în lipsa acestora preferîndu-se prelucrarea fără răcire.

Recomandările tehnologice prezentate au fost verificate prin cercetări experimentale privind influența regimurilor de prelucrare asupra calității suprafețelor obținute prin strunjire exterioară de finisare; cercetările au fost efectuate pe probe prelevate din prăjinile de foraj prototip fabricate la noi în țară din aliaje de aluminiu tip 2024—T851 și tip 2014—T651. La experimentări s-a utilizat un cuțit cu plăcuță din carburi metalice tip K10, cu următoarea geometrie: $\gamma = 25°$; $\alpha = 5°$; $r = 0{,}5$ mm; $\varkappa = 50°$; $\varkappa_1 = 10°$; cuțitul avea pe suprafața de degajare canal de sfărîmare a așchiilor, iar prelucrările s-au efectuat fără răcire. Rezultatele acestor cercetări, redate sintetic în figura 30, evidențiază valabilitatea prescripțiilor tehnologice prezentate anterior.

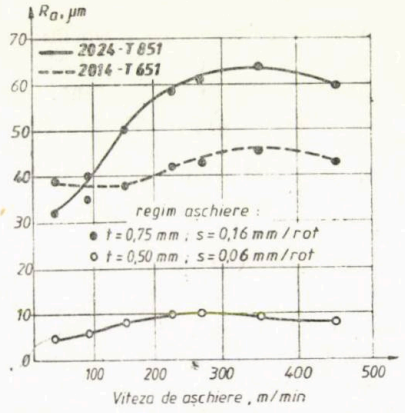



Fig. 30

## Concluzii

Prin prezentarea într-o formă unitară a întregului complex de aspecte ce trebuie avut în vedere la proiectarea, fabricarea și exploatarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, această lucrare constituie un îndrumar util pentru producătorii și beneficiarii unor astfel de echipamente petroliere. Principalele concluzii și indicații practice privind fiecare din problemele tratate (construcția prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, tipurile de aliaje de aluminiu cu caracteristici corespunzătoare folosirii la prăjini de foraj, tratamentele termice și termomecanice ce trebuie aplicate prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu, comportarea la fisurare, la oboseală și la coroziune a acestui tip de echipamente petroliere, prelucrabilitatea prin așchiere a aliajelor de aluminiu pentru prăjini de foraj) au fost evidențiate pe parcursul lucrării. Ca urmare, în încheiere este util a sublinia numai următoarele:

— prăjinile de foraj din aliaje de aluminiu prezintă multiple avantaje tehnico-economice și sînt în prezent utilizate pe scară largă la executarea lucrărilor de foraj;

— în țara noastră se află în curs de desfășurare un amplu program de asimilare în fabricație și de introducere în exploatare în schelele de foraj a prăjinilor din aliaje de aluminiu;

— aliajele de aluminiu tip 2024 și tip 2014 elaborate și folosite în țara noastră la realizarea unor prăjini de foraj au caracteristicile de utilizare la același nivel sau superioare celor ale aliajelor de același tip produse în străinătate; cercetările experimentale efectuate au indicat că, dintre cele două tipuri de aliaje menționate, aliajul 2024 (în starea metalurgică T851) are caracteristici mai bune (de rezistență mecanică, tenacitate, rezistență la oboseală etc.) și este recomandat pentru confecționarea în țara noastră a primelor loturi de prăjini de foraj.

### Bibliografie


[29] * * * *Alloy and temper designation sistems for aluminium*. American National Standard, ANSI H351.M—1982

[30] * * * *Standard specification for aluminium alloy extruded bar, rod, wire, shape and tube*. ASTM B221.M, 1980.

[31] Lieurade, H. P. *Étude de la fissuration par fatigue, à l'aide de la mécanique de la rupture*. C.I.T., nr. 12, 1973.

[32] Rabe, P. *Application de la mécanique de la rupture à l'étude de la fissuration en fatigue*. C.I.T., nr. 1, 1971.

[33] Schütz, W. *Versuchsmethoden der Bruchmechanik*. Der Maschinenschaden, nr. 48, 1975.

[34] Cioclov, D. *Mecanica ruperii materialelor*. Ed. Academiei R.S.R., București, 1977.

[35] Leclercq G. ș. a. *Évaluation de la ténacité de matériaux au moyen des curbes R*.C.I.T., nr. 3, 1976.

[36] Speidel, M. O. ș. a. *Stress corrosion cracking of high strength Alluminum Alloys, Procedings of conference on Theories of Stress Corrosion Cracking in Alloys*. NATO Science Committee, Portugal, 29 March-2s April, 1971.

[37] Ispas, St., Nica, Al., Mortun, Al. *Mecanica materialelor construcțiilor aerospațiale*. Ed. Academiei R.S.R., București, 1978.

[38] Irwin, J., Paris, P. *Analiz uprugoplasticeskovo sostoiania v verșine treșcinî pri pomoșci R-krivîh*. Mehanica Razrușenia, MIR, Moskva, nr. 17, 1979.

[39] Brown, W., Srawley, J. *Ispîtania vîsokoprocinîh metalliceskih materialov na viazkosti razrușenia pri ploskoi deformații*. MIR, Moskva, 1972.

[40] Oniciu, L. *Coroziunea metalelor. Aspecte fundamentale și protecție anticorozivă*. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1986.

[41] Cioclov, D. *Rezistența la oboseală și rupere fragilă a recipientelor sub presiune sudate*. Partea I. Rezistența la oboseală, O.I.D. al I.C.M., București, 1987.

[42] Zinkham R. E., Dedrick, J. H. *Fracture behavior of aluminum alloys, în Fracture. An advanced treatise*. Vol. VI. Academic Press, New York, 1969.

[43] Zecheru, Gh. *Utilizarea rezultatelor încercării de încovoiere prin șoc pentru evaluarea tenacității la rupere*. Studii și Cercetări de Mecanică Aplicată, Tom. 45, nr. 4, 1986.

[44] Popescu, I. *Așchierea aliajelor de aluminiu*. Ed. Tehnică, București, 1974.

[45] Parton, V. Z., Morozov, E. M. *Elastic-plastic Fracture Mechanics*. MIR, Moscow, 1978.

[46] Pană, T. *Aplicații inginerești ale mecanicii ruperilor*. Ed. Tehnică, București, 1974.

[47] Brown, W., Srawley, J. *Plane strain crack toughness testing of high strength metallic materials*. ASTM-STP, 410, 1971.

[48] McCabe, D. E., Landes, J. D. *An evaluation of elastic-plastic methods applied to crack growth resistance measurements*. Elastic-Plastic Fracture, ASTM-STP, 668, 1980.

[49] Hermite, R. *Traité d'expertise et d'essais des materiaux et des constructions*. Livre 1, Editions Eyrolles, Paris, 1966.

[50] Cioclov, D. *Rezistență și fiabilitate la solicitări variabile*. Editura Facla, Timișoara, 1977.

# Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie (I)

Prof. dr. ing. **A. Pavel**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

## 1. Indicatorii pericolului de explozie

Indicatorii pericolului de explozie, uneori denumiţi indicatori de periculozitate explozivă şi în continuare notaţi prin IPE, sînt mărimi mai mult sau mai puţin *convenţionale*, standardizate sau nestandardizate, prin intermediul cărora — în corelare — se caracterizează cantitativ şi/sau calitativ susceptibilitatea la explozie (deflagraţie)* a unei substanţe nominalizate.

Din punctul de vedere al aprecierii IPE, toate substanţele şi materialele, cunoscute şi folosite în Tehnică, se clasifică — în funcţie de starea lor fizică (de agregare) — în [1]:

- *gaze* (inclusiv *vapori*)→cele a căror temperatură critică** este mai mică decît 50°C sau a căror presiune de vapori la 50°C este egală cu sau mai mare decît 300 kPa(abs.) = 3 bar(abs.);
- *lichide* (inclusiv *ceţuri*)→cele a căror temperatură de topire (picurare) este mai mică decît 50°C;
- *solide* (inclusiv *pulberile* şi *prafurile* sau *scamele*)→cele a căror temperatură de topire (picurare) este egală cu sau mai mare decît 50°C; aici, prin *praf* se înţelege substanţa solidă fin dispersată, cu particule avînd dimensiuni mai mici decît 850 μm.

Aptitudinea pentru ardere a materialelor şi substanţelor se denumeşte *combustibilitate*, din acest punct de vedere distingîndu-se [1]:

- substanţe şi materiale *incombustibile*→ cele care, în aer, nu ard;
- substanţe şi materiale *semicombustibile* sau greu combustibile→cele care, în aer, ard în prezenţa unei surse de aprindere, dar încetează să mai ardă imediat ce sursa de aprindere a fost îndepărtată;
- substanţe şi materiale *combustibile*→ cele cu aptitudine la autoaprindere şi cele care, inflamîndu-se de la o sursă de aprindere, continuă să ardă în aer şi după îndepărtarea sursei de iniţiere a combustiei; substanţele şi materialele combustibile care prezintă aptitudinea inflamării rapide, în condiţiile acţiunii de scurtă durată (pînă la 30 s) a unei surse de aprindere de joasă energie (flacără de chibrit, scînteie, ţigară mocnită se numesc *uşor inflamabile*; se consideră uşor inflamabile toate lichidele cu temperatură de inflamare* sub 61°C, în creuzet închis şi sub 66°C, în creuzet deschis.

Evident, conceptul de combustibilitate nu este echivalent cu cel — avînd semnificaţie mai amplă — de periculozitate la inflamare sau explozivă, deoarece unele substanţe incombustibile pot prezenta, totuşi, periculozitate la inflamare (exemplu oxidanţii şi substanţele care degajă produse combustibile prin interacţiune cu apa, cu oxigenul din aer, sau cu alte substanţe).

În mod uzual, principalii IPE se pot grupa în:

**a.** IPE de tipul **temperaturii**, care includ:

— *temperatura de aprindere a substanţei inflamabile*→temperatura cea mai joasă a unei suprafeţe fierbinţi care, la contactul cu amestecul cel mai inflamabil al unei substanţe (sub formă de gaze, vapori, ceaţă sau pulbere/praf) în aer, cauzează aprinderea în condiţii date (standardizare);

— *temperatura de aprindere a unui amestec de praf(pulbere)/aer* → temperatura cea mai joasă a unei suprafeţe fierbinţi pentru care cel mai inflamabil amestec de praf (pulbere), cu aerul, poate fi aprins (generîndu-se ardere propriu-zisă sau explozie);

— *temperatura de autoaprindere a unei substanţe lichide*→temperatura minimă la care substanţa respectivă se aprinde fără energie exterioară; o *autoaprindere* se poate datori unei oxidări, unei reacţii de descompunere sau unei polimerizări;

— *temperatura de autoaprindere a unui praf (pulberi) în vrac*→temperatura minimă a aerului înconjurător (mediului ambiant) sub a cărei influenţă se aprinde — după o prealabilă autoîncălzire — un praf sau o pulbere; de această dată, depinzînd de forma şi mărimea particulelor de praf (pulbere), temperatura de autoaprindere se precizează, indicîndu-se forma şi mărimea particulelor respective;

— *temperatura de inflamabilitate (punctul de inflamabilitate) a(al) unui lichid*→cea mai joasă temperatură a unui lichid pentru care, în condiţii date, lichidul respectiv degajă vapori (gaze), în cantităţi susceptibile să formeze un

---

* Conform STAS 11 097/1-78, explozia (deflagraţia) se înţelege ca fiind un proces de transformare bruscă a unei substanţe (a unui material), cu formare de gaze şi cu dezvoltare de căldură (N.A.).

** Potrivit lui C.D. Neniţescu (*Chimie anorganică*), temperatura *critică* se identifică cu aceea deasupra căreia un gaz nu mai poate fi lichefiat numai prin simplă presurizare, oricît de mare ar fi intensitatea acesteia.

* Aici, inflamarea (sinonim: aprindere violentă) se înţelege ca fiind arderea accelerată a amestecului combustibil fără formare de gaze comprimate şi fără trecere la regimul combustiei staţionare [1].

amestec inflamabil de vapori (gaze)/aer; de regulă, punctul de inflamabilitate determinat în creuzet deschis se situează mult deasupra punctului de explozie, deoarece — deasupra oglinzi lichidului dat — nu se poate forma un amestec saturat de vapori (gaze)/aer; drept urmare, indicațiile din literatura de specialitate [2] privesc, întotdeauna, punctele de inflamabilitate determinate în creuzet închis; de regulă, punctul de inflamabilitate permite calsificarea lichidelor pe baza tendinței acestora de a forma amestecuri explozive de vapori (gaze)/aer;

— *temperatura limită (inferioară sau superioară) de propagare a flăcării*→ temperatura pentru care vaporii saturați ai unei substanțe formează, într-un anumit mediu oxidant, concentrații în mod corespunzător egale cu limita inferioară sau limita superioară de propagare a flăcării; valorile temperaturii limită de propagare a flăcării se obțin pe cale experimentală, prin calcul analitic sau prin calculul bazat pe limitele de concentrații;

— *temperatura de mocnire (ardere înăbușită)*→temperatura unei substanțe pentru care survine accelerarea bruscă a reacțiilor exotermice de oxidare, finalizată sub forma inițierii procesului de ardere înăbușită;

— *temperatura de mocnire a prafului (pulberii) în strat*→temperatura minimă a unei suprafețe încălzite, aflate în aer liber, pe care praful (pulberea) depozitat(ă) — într-un strat cu grosimea de 5 mm — ajunge de la sine la o ardere lentă (înăbușită); evident, pentru straturi cu grosimi mai mari (peste 5 mm), mocnirea poate avea loc sub această temperatură;

— *temperatura de gazificare*→temperatura cea mai mică la care survine trecerea prafului (pulberii) în starea de gaze sau de vapori combustibili într-o asemenea cantitate, încît devine posibilă aprinderea lor — cu o flacără mică — deasupra masei de praf (pulbere);

— *temperatura de autoîncălzire*→cea mai joasă temperatură a substanței la care procesul încălzirii spontane nu implică mocnirea sau arderea cu flacără; *temperatura de securitate*, privind încălzirea îndelungată a substanței date, nu trebuie să depășească 90% din temperatura sa de autoîncălzire; evident, datele referitore la temperatura de autoîncălzire sînt utile pentru prescrierea condițiilor de securitate la încălzirea substanțelor, precum și pentru elaborarea acțiunilor PSI privind procesele tehnologice specifice;

— *temperatura adiabatică de ardere*→temperatura teoretic calculată a produselor arderii; calculul temperaturii respective se face în ipoteza echilibrului termodinamic între participanții la reacție și absenței pierderii de căldură în afara zonei de reacție.

**b.** IPE de tipul **presiunii**, care includ:

— *presiunea vaporilor saturați*→presiunea de vapori a unei substanțe în echilibru cu faza lichidă (solidă); presiunea respectivă depinde numai de temperatură și rezultă ca atare din curba de vapori a substanței nominalizate;

— *presiunea maximă de explozie*→presiunea maximă (abs.) care se dezvoltă într-un recipient închis, în condițiile unei presiuni inițiale a amestecului egale cu 101,3 kPa = 1,013 bar, la explozia deflagrantă a celui mai periculos amestec al unei substanțe combustibile cu aerul atmosferic;

— *viteza (maximă) de creștere a presiunii*→ derivata în raport cu timpul a presiunii de explozie, pentru porțiunea ascendentă a dependenței presiunii respective într-un recipient închis de timp, respectiv valoarea (extremă) maximă privind creșterea temporară a intensității presiunii, la explozii în recipiente închise, sub variații ale amestecurilor; întrucît valorile extreme respective (de exemplu în bar/s) depind de volumul recipientului dat (principiul cubic), se impune ca — pentru considerații tehnico-explozive — indicarea vitezei de creștere a presiunii să fie însoțită, întotdeauna, de precizarea volumului cu care s-a corelat.

**c.** IPE privind conceptul propriu-zis de **explozie**, care includ:

— *atmosfera explozivă*→amestecul cu aerul a unei substanțe inflamabile, aflate în starea de gaze, vapori, ceață, praf (pulbere) sau scame, în condiții atmosferice normale, pentru care — după aprindere — arderea se propagă în mod violent (exploziv) de la sursa inițiatoare a inflamării în întregul volum al amestecului;

— *limita de explozie (inferioară sau superioară)*→concentrația cea mai mică (inferioară) sau cea mai mare (superioară) de gaze, vapori, ceață sau prafuri (pulberi, scame) inflamabile care, în amestec cu aerul, este capabilă de aprindere și de propagare a flăcării în condițiile de testare prescrise;

— *punctul de explozie (inferior sau superior) al unui lichid combustibil*→temperatura la care concentrația vaporilor saturați, amestecați cu aerul, atinge limita — inferioară și, respectiv, superioară — de explozie; la substanțele pure și amestecurile azeotrope, limitele (punctele) de explozie se pot determina cu ajutorul punctelor (limitelor) de explozie și al curbelor de presiune a vaporilor; evident, punctul de explozie al unui lichid combustibil este un caz particular al temperaturii limită de propagare a flăcării;

— *grupa (clasa) de explozie*→gruparea (clasificarea) gazelor și vaporilor inflamabili în funcție de capacitatea lor de transmitere (propagare) a exploziei printr-un interstițiu de dimensiuni date și/sau după energia de aprindere;

— *interstițiul limită de securitate la străpungerea flăcării (interstițiul normal) pentru gaze și vapori*→lățimea maximă (măsurată) a unei fante care obstrucționează transmiterea

unei explozii interne dintr-o incintă, carcasată cu interstiţiu, în atmosfera explozivă ce înconjoară incinta respectivă; între interstiţiul limită de securitate, astfel definit şi energia minimă de aprindere există o legătură funcţională; gazele şi vaporii se împart în grupe (clase) de explozie, în funcţie de aşa-numita putere de străpungere a flăcărilor lor şi, deci, de valorile limită ale interstiţiului de securitate corespunzător;

— *severitatea exploziei*→indicator de referinţă pentru prafuri/pulberi, reprezentînd raportul (simplexul) dintre produsul aritmetic al presiunii maxime de explozie şi vitezei maxime de creştere a presiunii de explozie, corespunzător mostrei de praf (pulbere) analizate, pe de o parte, şi produsul aritmetic al aceloraşi parametri, corespunzător prafului de cărbune Pittsburg (luat drept etalon), pe de altă parte;

— *sensibilitatea* (*susceptibilitatea*) *la aprindere*→ de asemenea indicator de referinţă pentru prafuri/pulberi, reprezentînd raportul (simplexul) dintre produsul aritmetic al temperaturii de aprindere (pentru o energie minimă de aprindere) şi concentraţiei minime de explozie, corespunzător prafului de cărbune Pittsburg (luat ca etalon), pe de o parte, şi produsul aritmetic al aceloraşi parametri, corespunzător mostrei de praf (pulbere) analizate, pe de altă parte; evident, acest indicator exprimă — cantitativ — uşurinţa relativă de aprindere a unui praf (unei pulberi);

— *indicatorul de explozie* (uneori denumit indice de explozie)→produsul aritmetic dintre indicatorul de referinţă al sensibilităţii (susceptibilităţii) la aprindere şi indicatorul de referinţă al severităţii exploziei; indicatorul de explozie este adimensional, exprimă — cantitativ — gradul relativ al exploziei prafului (pulberii) avut în vedere şi permite clasificarea *riscului relativ de explozie* în: slab, moderat, puternic şi foarte puternic (tab. 1).

**d.** IPE privind caracterizarea **stării fizice**, care includ:

*Tabelul 1*

**Riscul relativ de explozie pentru prafuri (pulberi) clasificării [2]**

| Indicatorul de referinţă privind sensibilitatea (susceptibilitatea) la aprindere | Indicatorul de referinţă privind severitatea exploziei | Indicatorul de explozie | Riscul relativ de explozie |
|---|---|---|---|
| <0,2 | <0,5 | <0,1 | Slab |
| 0,2...1,0 | 0,5...1,0 | 0,1...1,0 | Moderat |
| 1,0...5,0 | 1,0...2,0 | 1,0...10,0 | Puternic |
| >5,0 | >2,0 | >10,0 | Foarte puternic |

Notă. Indicatorii de explozie ⩽0,1 caracterizează substanţele al căror nor de praf (pulbere) nu se aprinde printr-o scînteie sau flacără, ci numai printr-o suprafaţă cu temperatură relativ ridicată.

— *densitatea unei substanţe* →raportul dintre masa şi volumul substanţei nominalizate; în mod special la gaze şi vapori, densitatea este o funcţie de presiune şi de temperatură; la prafurile (pulberile) depuse, densitatea depinde — printre altele — de granulaţie şi de gradul de tasare;

— *raportul* (*simplexul*) *de densitate*→indicator specific pentru gaze şi vapori, redă densitatea substanţei nominalizate (în stare de gaze sau de vapori) în raport cu aerul, pentru aceleaşi condiţii;

— *coeficientul de difuziune** →factor de proporţionalitate în legea lui Fick şi exprimă — cantitativ — o măsură pentru viteza de amestecare, ca urmare a diferenţelor de concentraţii, excluzîndu-se curenţii de aer; cum se ştie, difuziunea este procesul de amestecare cel mai lent;

— *cifra de evaporare*→raportul (simplexul) între timpul de evaporare determinat pentru lichidul dat, cercetat şi timpul de evaporare corespunzător eterului dietilic; evident, pentru eterul dietilic, admis ca lichid de referinţă, cifra de evaporare este egală cu unu;

— *energia minimă de aprindere*→energia electrică totală, minimă, necesară pentru aprinderea unui amestec cel mai uşor inflamabil (la 20°C) de gaze, vapori sau praf (pulbere) şi aer; datele privind energia minimă de aprindere sînt preţioase pentru stabilirea acţiunilor de *protecţie antifoc şi antiexplozivă* în procesele de prelucrare a substanţelor combustibile, de asemenea pentru elaborarea modalităţilor şi condiţiilor de *protecţie/securitate antiscîntei electrostatice* în procesele tehnologice moderne;

— *condiţia autoaprinderii termice* → dependenţa evidenţiată experimental între temperatura mediului ambiant (înconjurător), masa sau suprafaţa unitară a substanţei şi durata pînă la momentul autoaprinderii substanţei respective; datele privind condiţia (sau condiţiile) autoaprinderii termice sînt neapărat necesare pentru stabilirea circumstanţelor de securitate ale depozitării şi prelucrării substanţelor cu sensibilitate la autoaprindere;

— *limita* (*inferioară sau superioară*) *de detonaţie* → concentraţia limită (inferioară sau superioară) a unei substanţe combustibile — sub formă de gaze, vapori, ceţuri sau prafuri (pulberi) — pentru care, într-o ţeavă netedă infinit de lungă, nu se mai poate propaga o detonaţie** nici chiar în condiţiile unei aprinderi puternice; pentru condiţiile atmosferice, limitele de detonaţie sînt cele din domeniul de explozie.

* Aici cu referire la difuziunea în aer a gazelor şi vaporilor.

** Conform cu [2], *detonaţia* se înţelege ca fiind combustia unui amestec exploziv care se propagă (combustia) cu viteză supersonică, întotdeauna caracterizată printr-o undă de şoc.

e. IPE privind **alte caracterizări** mai mult sau mai puţin tipice şi convenţionale ale substanţelor, care includ :

— *viteza de ardere completă* → cantitatea de combustibil care arde complet, într-o unitate de timp, pe o unitate de arie a suprafeţei; viteza respectivă caracterizează intensitatea arderii substanţei date în circumstanţe de incendiu ;

— *viteza normală de propagare a flăcării* → viteza cu care se deplasează frontul plan al flăcării, faţă de gazele nearse, într-o direcţie normală la suprafaţa sa ;

— *indicatorul* (indicele) *propagării de flacără* → indicator convenţional adimensional care caracterizează aptitudinea substanţelor la propagarea flăcării pe suprafaţa lor; acest indicator se valorifică prin clasificarea materialelor tehnice (de construcţie ; sub formă de acoperiri — polimerice, cu lacuri, vopsele etc. ; sub formă de ţesături, pelicule ş.a.) din punctul de vedere al propagării superficiale a flăcării (tab. 2);

*Tabelul 2*

**Clasificarea materialelor tehnice în funcţie de indicatorul propagării de flacără** [1]

| Indicatorul (medie aritmetică al) propagării de flacără | Caracterizarea materialului tehnic |
|---|---|
| 0 | *Nu propagă*, superficial, flacăra |
| 0 . . .20 | *Propagă lent*, superficial, flacăra |
| Peste 20 | *Propagă repede*, superficial, flacăra |

— *indicatorul de oxigen* → conţinutul minim de oxigen, într-un amestec de azot-oxigen, pentru care devine posibilă arderea cu faclă a materialelor, bineînţeles, în condiţiile unor testări speciale; acest indicator interesează la prelucrarea compoziţiilor polimerice cu combustibilitate joasă, la controlul combustiei materialelor solide etc. ;

— *indicatorul de fumegare* → mărimea convenţională ce caracterizează densitatea optică a fumului, format în limitele unei incinte, în condiţiile arderii unei substanţe (unui material) cu o saturaţie dată ; acest indicator se valorifică la clasificarea materialelor şi substanţelor din punctul de vedere al aptitudinii lor la formarea de fum (tab. 3) ;

— *capacitatea de a exploda şi de a arde la interacţiunea cu apa, cu oxigenul din aer şi cu alte substanţe* → indicator apreciativ ce caracterizează pericolul deosebit de incendiere/explozie al anumitor substanţe ;

*Tabelul 3*

**Clasificarea materialelor şi substanţelor în funcţie de indicatorul de fumegare** [1]

| Indicatorul de fumegare | Aptitudinea (capacitatea) de fumegare |
|---|---|
| Pînă la 50 | Mică |
| 50 . . .500 | Moderată |
| Peste 500 | Puternică |

— *indicatorul toxicităţii produselor arderii materialelor polimerice* → cantitatea de material (în g) prin arderea căreia se degajă — în unitatea de volum ($m^3$) a unei incinte închise — produse care provoacă moartea a 50% dintre animalele de experienţă ; acest indicator este util pentru clasificarea materialelor polimerice din punctul de vedere al toxicităţii lor (tab. 4) ;

*Tabelul 4*

**Clasificarea materialelor polimerice în funcţie de indicatorul toxicităţii produselor lor de ardere** [1]

| Indicatorul toxicităţii, în $g/m^3$ | Toxicitatea materialelor polimerice |
|---|---|
| Pînă la 13 | Excepţional de periculoasă |
| 13 . . .40 | Puternic de periculoasă |
| 40 . . .120 | Moderat de periculoasă |
| Peste 120 | Puţin periculoasă |

— *concentraţia minimă de pasivare în agentul de flegmatare/flegmatizare* → fracţia volumică a agentului flegmator/flegmatizator, într-un amestec de combustibil şi mediu oxidant, pentru care amestecul respectiv îşi pierde aptitudinea de propagare a flăcării, indiferent de corelaţia dintre substanţa combustibilă şi mediul oxidant ; aici, prin *flegmatare/flegmatizare* se înţelege [1] crearea în sistemul nominalizat (utilaj tehnologic, incintă tehnologică protejată etc.) a unui mediu care nu întreţine arderea ; se cunosc două metode industriale de flegmatare/flegmatizare ; a) *diluarea* aerului cu diluanţi inerţi (azot, bioxid de carbon, abur), respectiv *inertizarea* mediului periculos (tab. 5), aplicabilă pentru protecţia antiexplozivă a utilajului tehnologic şi b) introducerea în aer sau în mediul periculos a *inhibitorilor* de ardere (agenţi refrigerenţi, combinaţii gazoase pe bază de refrigerenţi etc.), aplicabilă preferenţial în protecţia antiexplozivă a platformelor tehnologice ;

— *conţinutul* (*concentraţia*) *minim de oxigen cu pericol de explozie* (CMOPE) → fracţia volumică (în %) de oxigen, în amestecul combustibil-mediu oxidant-agent flegmator, care cores-

*Tabelul 5*

**Valorile limită privind inertizarea pentru unele substanţe combustibile (gaze şi vapori), la temperatura amestecului de 20°C şi la presiunea totală egală cu aproximativ 1 bar [2]**

| Substanţa combustibilă | Valorile minime ale raportului de părţi volumice de gaze inerte ($N_2$ sau $CO_2$) şi | | | | Valoarea maximă admisibilă de % vol. de oxigen (max.$O_2$) în amestecul total de combustibil-aer-gaze inerte, la inertizarea cu | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | combustibil ($B$) | | aer ($L$) | | | |
| | pentru inertizare, la adăugarea nelimitată de | | | | | |
| | aer | | combustibil | | | |
| | $N_2/B$ | $CO_2/B$ | $N_2/L$ | $CO_2/L$ | $N_2$ | $CO_2$ |
| Etan | 13,0 | 7,5 | 0,82 | 0,49 | 11,0 | 13,3 |
| Etilenă | 16,0 | 9,0 | 1,00 | 0,67 | 10,0 | 11,7 |
| Oxid de etilenă | 17,2 | 15,5 | * | * | * | * |
| Benzen | 21,0 | 13,0 | 0,79 | 0,45 | 11,2 | 13,9 |
| Butadienă | 19,5 | 13,0 | 0,89 | 0,51 | 10,4 | 13,0 |
| Butan | 17,0 | 9,5 | 0,70 | 0,39 | 12,1 | 14,5 |
| Ciclopropan | 15,5 | 8,0 | 0,75 | 0,45 | 11,7 | 13,9 |
| Hexan | 25,0 | 14,0 | 0,72 | 0,41 | 12,1 | 14,5 |
| Oxid de carbon | 4,0 | 2,2 | 2,13 | 1,13 | 5,4 | 5,4 |
| Metan | 6,0 | 3,3 | 0,61 | 0,34 | 12,1 | 14,6 |
| Pentan | 22,0 | 12,0 | 0,75 | 0,41 | 11,6 | 14,4 |
| Propan | 15,0 | 8,0 | 0,75 | 0,43 | 11,8 | 14,2 |
| Propilenă | 14,5 | 8,0 | 0,75 | 0,43 | 11,5 | 14,1 |
| Benzină | ~24,0 | ~14,0 | ~0,72 | ~0,41 | ~11,8 | ~14,5 |
| Hidrogen | 17,0 | 10,0 | 3,00 | 1,56 | 5,0 | 5,1 |

* Descompunîndu-se oxidul de etilenă, valoarea limită respectivă nu există.

punde compoziţiei amestecului dat în punctul extremal al intervalului de inflamare (adică în punctul de pe curba flegmatării care revine fracţiei volumice maxime a agentului flegmator); CMOPE depinde de natura substanţei combustibile, de cea a agentului de flegmatare (inertizare — tab. 5) şi de temperatura iniţială a amestecului;

— *concentraţia stoechiometrică a combustibilului* ($\varphi_{st}$)→fracţia de combustibil, în amestec cu mediul oxidant, care se determină cu formula [1]:

$$\varphi_{st} = \frac{100}{4{,}84\ \beta + 1}, \qquad (1)$$

în care $\beta$ este aşa-numitul coeficient stoechiometric al oxigenului în ecuaţia reacţiei chimice de ardere a combustibilului nominalizat;

— *gradul maxim de expansie al produselor de ardere*→valoarea maximă a raportului (simplexului) dintre volumul produselor finale ale arderii, la temperatura flăcării şi volumul amestecului iniţial.

În corelaţie cu temperatura de inflamabilitate a *vaporilor emanaţi*, lichidele combustibile se clasifică potrivit tabelului 6. La rîndul lor, lichidele combustibile din clasele L III şi L IV se subclasifică, în funcţie de temperatura depozitării, în:

*Tabelul 6*

**Clasificarea lichidelor combustibile [2]**

| Temperatura de inflamabilitate $t_i$ a vaporilor emanaţi, în °C | $t_i \leqslant 28$ | $28 < t_i \leqslant 55$ | $55 < t_i \leqslant 100$ | $t_i > 100$ |
|---|---|---|---|---|
| Clasa lichidului combustibil | L I | L II | L III | L IV |

— subgrupa *a*→lichidele combustibile care se depozitează la o temperatură egală cu cea de inflamabilitate sau superioară acesteia;

*Tabelul 7*

**Sinteza unora dintre indicatorii de periculozitate explozivă (IPE) sau incendiară (IPI) ai substanţelor şi materialelor [1]**

| Indicatorul de periculozitate explozivă (IPE), respectiv indicatorul de periculozitate incendiară (IPI) | Utilizarea IPE sau IPI pentru | | | |
|---|---|---|---|---|
| | gaze (vapori) | lichide (ceţuri) | substanţe solide | prafuri (pulberi (scame) |
| Grupa de combustibilitate | + | + | + | + |
| Temperatura de inflamabilitate | — | + | + | — |
| Temperatura de aprindere | + | + | + | + |
| Temperatura de autoaprindere | + | + | + | + |
| Temperatura limită (inferioară sau superioară) de propagare a flăcării | + | + | — | — |
| Temperatura de autoîncălzire | — | — | + | + |
| Temperatura de mocnire | — | — | + | + |
| Condiţia autoaprinderii termice | — | — | + | + |
| Indicatorul de oxigen | — | — | + | — |
| Energia minimă de aprindere | + | + | — | + |
| Capacitatea de a exploda şi de a arde la interacţiunea cu apa, cu oxigenul din aer şi cu alte substanţe | + | + | + | + |
| Viteza normală de propagare a flăcării | + | + | — | — |
| Viteza de ardere completă | — | + | — | — |
| Indicatorul de fumegare | — | — | + | — |
| Indicatorul propagării de flacără | — | — | + | — |
| Indicatorul toxicităţii produselor arderii materialelor polimerice | — | — | + | — |
| Conţinutul minim de oxigen cu pericol de explozie (CMOPE) | + | + | — | + |
| Concentraţia minimă de pasivare în agentul de flegmatizare | + | + | — | + |
| Presiunea maximă de explozie | + | + | — | + |
| Viteza de creştere a presiunii (la explozie) | + | + | — | + |

Note. 1. Semnul (+) semnifică utilizarea ca atare, iar semnul (—) indică neutilizarea indicatoruui respectiv.
2. Tabelul prezent nu exclude folosirea şi a altor IPE sau IPI.

— subgrupa *b*→lichidele combustibile care sînt depozitate la o temperatură inferioară celei de inflamabilitate.

Dintre cei 40 de IPE, menționați și definiți anterior, literatura de specialitate consultată [1—8, 10, 14—21] reține, calculează, analizează și valorifică de la caz la caz numai cîte cel mult 3 . . .15, excepție făcînd doar monografia recentă [1], cum rezultă din tabelul 7. În lucrarea [2], pentru aproximativ 1 770 de substanțe, catalogate în ordine alfabetică, se redau următoarele caracteristici (dintre care cele mai multe constituie IPE/IPI):

- pentru substanțele combustibile în stare de lichid, de solid (ori de semisolid, respectiv cu consistență) sau de vapori (gaze): denumirea tehnică; formula chimică; densitatea (în raport cu apa sau cu aerul); temperatura — de topire, de inflamabilitate, de fierbere și de aprindere; concentrația maximă admisă (CMA); limitele — inferioară și superioară — de explozie; grupa de explozie; clasa de temperatură maximă de suprafață; solubilitatea în apă; agenții de stingere (apă, gaz inert, praf, spumă chimică, spumă aeromecanică, haloni etc.);
- pentru prafurile (pulberile) industriale: denumirea tehnică sau comercială; indicatorul de explozie; sensibilitatea la aprindere; severitatea exploziei; temperatura de aprindere (în suspensie sau în strat); presiunea maximă de explozie; viteza maximă de creștere a presiunii; concentrația minimă de explozie; energia minimă de aprindere; greutatea volumică; granulometria; puterea calorifică; pericolul de explozie; concentrația minimă de oxigen (cu pericol de explozie→CMOPE); agenții de stingere (apă pulverizată, spume, prafuri, gaz inert).

# Evoluția debitului de injecție a apei, la diferență de presiune constantă, într-un panou în cinci puncte

Prof. dr. ing. **I. Crețu**
Ing. **Massoud Naghzgooye Kohan**
doctorand iranian

## Introducere

În cazul unui element în cinci puncte al unei rețele pătratice de sonde se poate afirma că mișcarea este radial plană în jurul sondei de injecție și al sondelor de extracție, pe aproximativ 23% din aria panoului, dacă fluidul dezlocuitor este același cu fluidul dezlocuit. În această zonă a mișcării radial plane are loc o cădere de presiune egală cu aproximativ 90% din întreaga cădere de presiune a sistemului.

La injectarea apei în sondă se formează un front radial plan chiar atunci cînd raportul $M$ dintre mobilitatea apei și mobilitatea petrolului nu este egal cu unitatea. În condițiile invariantei diferenței de presiune dintre sonda de injecție și sonda de extracție debitul de injecție se va modifica în timp ca rezultat al variației rezistenței hidraulice a zonei din spatele frontului de dezlocuire. Deși fracția din aria panoului corespunzătoare zonei mișcării radial plane depinde de valoarea raportului mobilităților fluidelor dezlocuitor și dezlocuit, rezistența hidraulică pentru o perioadă importantă a procesului de spălare corespunde practic cu aceea din zona mișcării radial plane.

Admițînd că relațiile permeabilitate-saturație asociate cu proprietățile fluidelor definesc un proces de dezlocuire de tip piston, cantitatea de petrol ce se va extrage după inundarea sondelor de extracție va fi nesemnificativă. Dezlocuirea de tip piston are loc atunci cînd dreapta care unește punctele de pe graficul fracției debitului de apă $f_a(s_a)$ corespunzătoare saturațiilor inițială $s_{ai}$, respectiv a frontului de dezlocuire $(1-s_{pr})$, nu intersectează acest grafic.

Pentru estimarea debitului de injecție a apei în aceste condiții s-a preconizat aproximarea suprafeței panoului cu zone de mișcare radial plană *1*, care permit prin superpoziție exprimarea căderii de presiune din sistem în funcție de rezistențele hidraulice zonale. Formula debitului de injecție astfel obținută se recomandă [4] spre a fi folosită pentru definirea dependenței injectivității relative de eficiența spălării areale în condițiile unei rații a mobilităților dată.

Rezultatele experimentale obținute în cadrul acestei lucrări pe un model de tip Hele Shaw, corespunzător unui sfert dintr-un element de rețea în cinci puncte, au furnizat elemente de comparație pentru evoluția injectivității relative calculate.

## Aspecte teoretice

Conform figurii 1, relativă la un sfert al elementului de rețea în cinci puncte, aria pă-

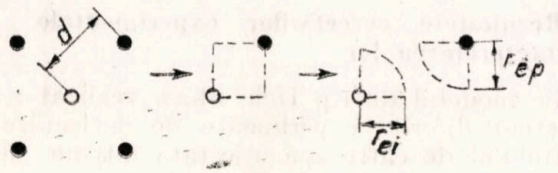



Fig. 1

tratului respectiv poate fi aproximată prin suma ariilor zonelor de mișcare radial plană astfel:

$$(\sqrt{2}d)^2 = \pi(r_{ei}^2 + r_{ep}^2). \tag{1}$$

Această relație se reduce pentru $r_{ei} = r_{ep} = r_e$ la forma:

$$r_e = \frac{d}{\sqrt{\pi}}. \tag{2}$$

Modelul adoptat corespunde unei mișcări staționare incompresibile care este radial divergentă între raza sondei de injecție și raza exterioară $r_{ei}$ a zonei de injecție, respectiv radial convergentă între raza exterioară $r_{ep}$ a zonei de producție și raza sondei de producție [2;3]. Aceste zone sînt ilustrate, pentru întregul panou în cinci puncte, în figura 2. Așa cum

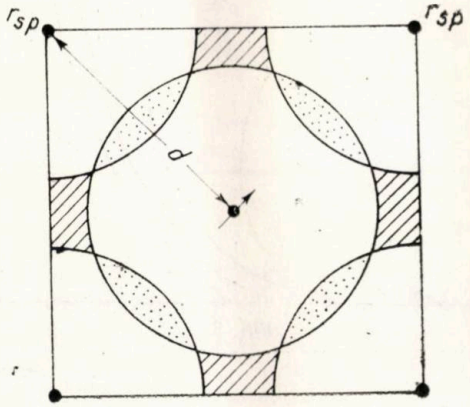



Fig. 2

se observă din această figură, ariile definite de intersecțiile cercurilor de rază $r_{ep}$ cu cercul de rază $r_{ei}$ sînt incluse în ambele zone de mișcare (convergentă, respectiv divergentă), iar ariile zonelor hașurate sînt excluse din domeniul modelului de mișcare echivalent [4].

Poziția frontului de spălare, definită de raza $r_f$, poate fi stabilită prin bilanț material astfel:

$$W_i = m\,\pi\,r_f^2\,h(s_{am} - s_{ai}),$$

din care rezultă:

$$r_f = \sqrt{\frac{W_i}{m\,\pi\,h\,(s_{am} - s_{ai})}}, \tag{3}$$

unde raza sondei s-a neglijat, iar $r_f < r_e$. Ținînd seama că în condițiile dezlocuirii de tip piston saturația medie în apă $s_{am}$ este egală cu $1 - s_{pr}$, relația (3), pentru $s_{ai} = 1 - s_{pi}$, devine:

$$r_f = \sqrt{\frac{W_i}{m\,\pi\,h\,(s_{pi} - s_{pr})}}. \tag{4}$$

Înlocuind rezistențele hidraulice în egalitatea:

$$p_{si} - p_{sp} = (p_{si} - p_f) + (p_f - p_e) + (p_e - p_{sp}), \tag{5}$$

se obține relația:

$$p_{si} - p_{sp} = \frac{Q \ln \frac{r_f}{r_s}}{2\,\pi\,h\left(\frac{k_a}{\mu_a}\right)_{s_{pr}}} + \frac{Q \ln \frac{r_e}{r_f}}{2\,\pi\,h\left(\frac{k_p}{\mu_p}\right)_{s_{ai}}} + \frac{Q \ln \frac{r_e}{r_{sp}}}{2\,\pi\,h\left(\frac{k_p}{\mu_p}\right)_{s_{ai}}}, \tag{6}$$

din care rezultă pentru debitul de injecție formula:

$$Q = \frac{2\,\pi\,\lambda_p\,h\,(p_{si} - p_{sp})}{\frac{1}{M}\ln\frac{r_f}{r_s} + \ln\frac{r_e}{r_f} + \ln\frac{r_e}{r_{sp}}}, \tag{7}$$

unde mobilitatea petrolului $\lambda_p$ și raportul mobilităților $M$ au expresiile:

$$\lambda_p = \left(\frac{k_p}{\mu_p}\right)_{s_{ai}}, \tag{8}$$

$$M = \frac{\left(\frac{k_{ra}}{\mu_a}\right)_{s_{pr}}}{\left(\frac{k_{rp}}{\mu_p}\right)_{s_{ai}}}. \tag{9}$$

Din relația de definiție a eficienței spălării areale, scrisă astfel:

$$E_s = \frac{\pi(r_f^2 - r_s^2)}{2d^2}, \tag{10}$$

rezultă pentru raza frontului de dezlocuire la un moment dat expresia:

$$r_f = d\sqrt{\frac{2E_s}{\pi}}, \tag{11}$$

care este valabilă atunci cînd $r_f \gg r_s$.

Pe de altă parte, în cazul raportului mobilităților unitar relația (7) ia forma:

$$Q = \frac{2\pi\lambda_p h (p_{si} - p_{sp})}{\ln \frac{r_e^2}{r_s^2}}, \qquad (12)$$

unde s-a considerat că $r_{sp} = r_s$. Simplificînd cu 2 și apelînd la relația (2), această ecuație devine:

$$Q_p = \frac{\pi\lambda_p h(p_{si} - p_{sp})}{\ln \frac{d}{r_s} - 0{,}572}. \qquad (13)$$

Muskat [5] a stabilit pentru debitul de injecție a apei într-un panou în cinci puncte, admițînd $M = 1$, formula:

$$Q = \frac{\pi k h \Delta p}{\mu\left(\ln \frac{d}{r_s} - 0{,}619\right)}, \qquad (14)$$

care diferă de relația aproximativă (13) doar prin termenul de la numitor. Întrucît $\ln(d/r_s)$ de la numitor domină valoarea numitorului, rezultă că soluția (13) este acceptabilă, confirmînd parțial gradul de veridicitate al relației (7).

Observînd că relația (13) exprimă debitul de injecție în cazul în care în zăcămînt s-ar injecta petrol, se poate defini injectivitatea relativă, pe baza relațiilor (7) și (13), astfel:

$$I_r = \frac{Q}{Q_p} = \frac{2\left[\ln \frac{d}{r_s} - 0{,}572\right]}{\frac{1}{M}\ln \frac{r_f}{r_s} + \ln \frac{r_e^2}{r_f r_s}}. \qquad (15)$$

Această formulă exprimă în același timp conductivitatea hidraulică relativă a sistemului folosită de Caudle și Witte [6].

Pentru $r_f \gg r_s$, după efectuarea substituțiilor (2) și (11), relația (15) ia forma:

$$I_r = \frac{2\left[\ln \frac{d}{r_s} - 0{,}572\right]}{\frac{1}{M}\ln\left(\frac{d}{r_s}\sqrt{\frac{2E_s}{\pi}}\right) + \ln\left(\frac{d}{r_s\sqrt{2\pi E_s}}\right)}. \qquad (16)$$

Folosind în relația (15) formula (4) se ajunge la exprimarea injectivității relative în funcție de volumul cumulativ de lichid injectat.

Întrucît relația (7) este definită pentru $r_f \leqslant r_e$, formula (15) este valabilă în domeniul $E_s \leqslant 0{,}5$.

**Rezultatele cercetărilor experimentale și interpretarea lor**

Pe modelul de tip Hele-Shaw realizat s-au efectuat diferite experimente de dezlocuire a petrolului de către apa injectată într-un sfert al unui element de rețea în cinci puncte. Cercetările au vizat în special evoluția injectivității relative în cadrul procesului de spălare cu apă a zonei respective, în condițiile menținerii constante a căderii de presiune din sistem. Fluidele petrol și apă folosite au avut viscozitățile $\mu_p = 46{,}6$ mPa · s, respectiv $\mu_a = 0{,}778$ mPa · s, și densitățile $\rho_p = 932$ kg/m³, respectiv $\rho_a = 1\,010$ kg/m³. Modelul are latura $a = 0{,}25$ m, iar raza aproximativă a sondei este $r_s = 0{,}01$ m.

Pozițiile frontului de dezlocuire trasate la diferite momente de timp sînt prezentate în figurile 3—5 și corespund unor experimente

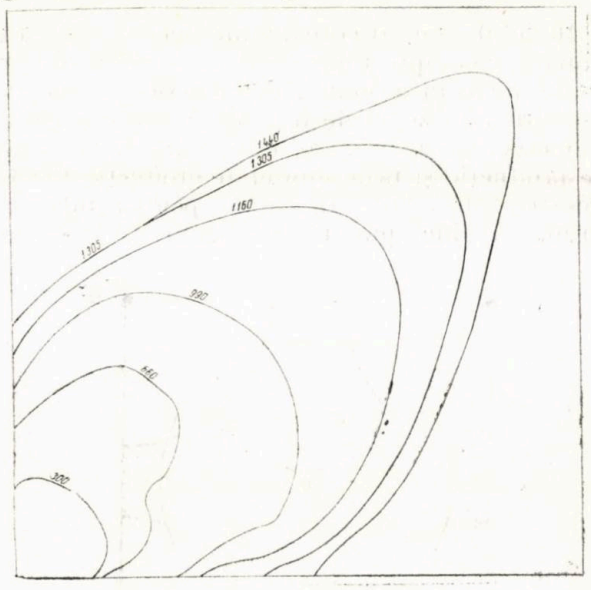



Fig. 3

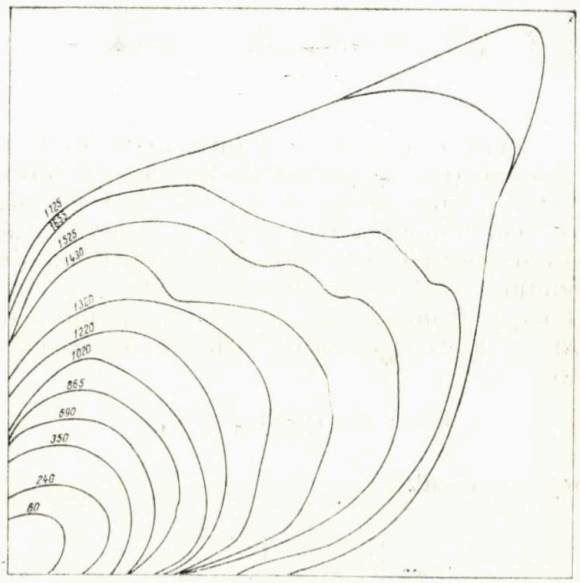



Fig. 4

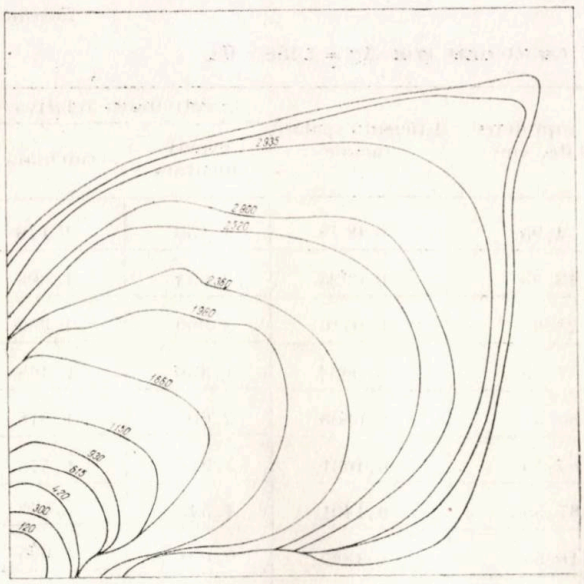


Fig. 5

de dezlocuire realizate la diferenţele de presiune $\Delta p_1 = \rho_a g \Delta h_1 = 1\,010 \cdot 9{,}806 \cdot 0{,}16 = 1\,584{,}65$ Pa, $\Delta p_2 = 1\,188{,}49$ Pa, respectiv $\Delta p_3 = 990{,}41$ Pa. Unele aspecte de asimetrie a frontului de dezlocuire, evidenţiate în figurile 3—5, apreciem că pot fi datorate variaţiei umidibilităţii suprafeţei interioare a modelului.

Valorile producţiei cumulative de petrol în funcţie de timp, obţinute în cadrul experimentelor, sînt prezentate în coloanele 2 ale tabelelor 1—3. Aceste valori au fost folosite la calculul debitului de petrol prezentat în coloana 3 a fiecărui tabel. Valorile ariei suprafeţei spălate, rezultate prin planimetrarea ariei zonei spălate, sînt listate în coloana 4. Pe baza acestor date au fost calculate valorile eficienţei spălării areale din coloana 5.

Debitul de injecţie a petrolului a avut, în cadrul celor trei experimente, valorile $Q_{p1} = 0{,}0259$ cm³/s, $Q_{p2} = 0{,}011$ cm³/s, respectiv $Q_{p3} = 0{,}0075$ cm³/s. Injectivitatea relativă determinată cu ajutorul debitului obţinut experimental este listată în coloana 6. Pentru comparaţie, în coloana 7 sînt prezentate valorile injectivităţii relative calculate cu formula (16) limitată la domeniul $E_s \leqslant 0{,}5$ şi particularizată în acest caz sub forma:

$$I_r = 1/(0{,}452 - 0{,}0822 \ln E_s). \qquad (17)$$

Examinînd datele din aceste tabele se observă următoarele.

**a.** Creşterea timpului de inundare (reprezentat de ultima valoare din coloana 1 a fiecărui tabel) o dată cu micşorarea căderii de presiune impusă sistemului.

**b.** Creşterea volumului cumulativ de petrol extras pînă la inundare, o dată cu reducerea diferenţei dintre presiunile din sonda de injecţie şi sonda de extracţie.

**c.** Creşterea în timp a debitului de petrol extras înainte de inundare, cu observaţia că nerespectarea acestei caracteristici în cadrul coloanei 3 a tabelului 2 s-ar putea datora folosirii zonale a unui petrol parţial emulsionat cu apă.

**d.** Creşterea eficienţei spălării orizontale la inundare prin micşorarea căderii de presiune din sistem.

**e.** Incapacitatea soluţiei teoretice [4], exprimată prin relaţia (16), de a descrie injectivitatea relativă obţinută din date experimentale.

Aşa cum se constată din coloanele 6 şi 7, injectivitatea relativă calculată cu formula aproximativă (16) nu depăşeşte valoarea 2, în timp ce injectivitatea relativă obţinută experimental porneşte de la valori apropiate celor calculate, depăşeşte rapid valoarea 2, ajungînd la valori de ordinul zecilor. Pentru a stabili limita maximă a injectivităţii relative experimentale este suficient să comparăm debitul

*Tabelul 1*

**Rezultatele obţinute în cadrul experimentului 1 caracterizat prin $\Delta p = 1\,584{,}56$ Pa**

| Timpul de injecţie, s | Volumul cumulativ de petrol extras, cm³ | Debitul de petrol, cm³/s | Aria suprafeţei spălate, cm² | Eficienţa spălării areale | Injectivitatea relativă | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | experimentală | calculată |
| 300 | 10 | 0,0333 | 13,84 | 0,0221 | 1,286 | 1,306 |
| 660 | 28 | 0,05 | 51,84 | 0,0829 | 1,930 | 1,523 |
| 990 | 58 | 0,0909 | 120,34 | 0,1925 | 3,510 | 1,702 |
| 1 160 | 82 | 0,141 | 212,14 | 0,3394 | 5,444 | 1,849 |
| 1 305 | 104 | 0,1517 | 276,71 | 0,4427 | 5,857 | 1,927 |
| 1 440 | 142 | 0,304 | 324,21 | 0,5187 | 11,737 | — |

*Tabelul 2*

**Rezultatele obținute în cadrul experimentului 2 caracterizat prin $\Delta p = 1\,188{,}5$ Pa**

| Timpul de injecție, s | Volumul cumulativ de petrol extras, cm³ | Debitul de petrol, cm³/s | Aria suprafeței spălate, cm² | Eficiența spălării areale | Injectivitatea relativă | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | experimentală | calculată |
| 60 | 0,75 | 0,0125 | 4,95 | 0,0079 | 1,136 | 1,176 |
| 240 | 6 | 0,0292 | 13,95 | 0,0223 | 2,654 | 1,308 |
| 350 | 10 | 0,0364 | 25,65 | 0,0410 | 3,309 | 1,399 |
| 690 | 15 | 0,0147 | 37,75 | 0,0604 | 1,336 | 1,465 |
| 865 | 20 | 0,0286 | 50,5 | 0,0808 | 2,60 | 1,518 |
| 1020 | 25 | 0,0322 | 67,55 | 0,1081 | 2,927 | 1,575 |
| 1220 | 35 | 0,05 | 87,55 | 0,1401 | 4,545 | 1,630 |
| 1320 | 45 | 0,10 | 116,55 | 0,1865 | 9,091 | 1,695 |
| 1430 | 70 | 0,2273 | 156,55 | 0,2505 | 20,66 | 1,767 |
| 1525 | 96 | 0,2737 | 208,4 | 0,3334 | 24,882 | 1,844 |
| 1655 | 140 | 0,338 | 272,45 | 0,4359 | 30,727 | 1,922 |
| 1760 | 182 | 0,398 | 365,45 | 0,5847 | 36,182 | — |
| 1785 | 192 | 0,409 | 383,95 | 0,6143 | 37,188 | — |

*Tabelul 3*

**Rezultatele obținute în cadrul experimentului 3 caracterizat prin $\Delta p = 990{,}4$ Pa**

| Timpul de injecție | Volumul cumulativ de petrol extras, cm³ | Debitul de petrol, cm³/s | Aria suprafeței spălate, cm² | Eficiența spălării areale | Injectivitatea relativă | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | experimentală | calculată |
| 120 | 0,5 | 0,00833 | 3 | 0,0048 | 1,110 | 1,122 |
| 300 | 3 | 0,0111 | 6,7 | 0,0107 | 1,48 | 1,212 |
| 420 | 5 | 0,0166 | 11 | 0,0176 | 2,213 | 1,275 |
| 615 | 8,5 | 0,0179 | 17,65 | 0,0282 | 2,386 | 1,342 |
| 930 | 15 | 0,0206 | 23,5 | 0,0376 | 2,746 | 1,386 |
| 1 140 | 25 | 0,0476 | 36,5 | 0,0584 | 6,346 | 1,459 |
| 1 600 | 45 | 0,0435 | 62,36 | 0,0998 | 5,8 | 1,559 |
| 1 990 | 65 | 0,0512 | 113,01 | 0,1808 | 6,826 | 1,687 |
| 2 360 | 95 | 0,0652 | 139,66 | 0,2234 | 8,693 | 1,738 |
| 2 520 | 110 | 0,0937 | 205,66 | 0,3290 | 12,493 | 1,840 |
| 2 800 | 145 | 0,125 | 237,66 | 0,3802 | 16,666 | 1,881 |
| 2 935 | 165 | 0,148 | 311,61 | 0,4986 | 19,73 | 1,964 |
| 3 005 | 176 | 0,159 | 352,11 | 0,5633 | 21,20 | — |
| 3 070 | 187 | 0,170 | 374,11 | 0,5985 | 22,67 | — |

sondei de injecție a apei, cînd în sistem se află numai apă, cu debitul sondei de injecție a petrolului, cînd în panou se află doar petrol. Aceste debite sînt definite de relația (14), și prin împărțire dau expresia:

$$I_{r\,max} = \frac{Q_a}{Q_p} = M = \frac{\mu_p}{\mu_a}, \qquad (18)$$

care, în cazul analizat, are valoare:

$$I_{r\,max} = \frac{46,6}{0,778} = 59,897.$$

## Concluzii

**1.** Cercetările de laborator efectuate pe un model Hele Shaw au arătat că debitul de injecție a apei într-un panou în cinci puncte, în condițiile menținerii constante a căderii de presiune din sistem, crește în mod substanțial pînă în momentul inundării sondelor de extracție.

**2.** Timpul de inundare, volumul cumulativ de petrol extras în momentul inundării și eficiența spălării areale la inundare cresc o dată cu micșorarea căderii de presiune constante din sistem.

**3.** Relația aproximativă prezentată de Willhite și Brigham [4] nu a fost în măsură să descrie injectivitatea relativă obținută în cadrul acestor experimente.

**4.** S-a stabilit că valoarea extremă teoretică a injectivității relative este egală cu rația mobilităților fluidelor dezlocuitor și dezlocuit.

**5.** Injectivitatea relativă maximă obținută în condiții de experimentare acceptabile (corespunzătoare experimentului 3) a reprezentat aproximativ 38% din valoarea maximă teoretică definită de relația (18).

### Bibliografie


[1] Deppe, J. C. *Injection rate — the effect of mobility ratio, areal sweep and pattern.* SPEJ, June, 1961.

[2] Willhite, G. P. *Waterflooding.* Society of Petroleum Engineers, Richardson, Texas, 1986.

[3] Crețu, I., Massoud Naghzgooye Kohan, Ionescu, E. M. *Posibilități de estimare a debitului de injecție a apei într-un zăcămînt de petrol.* Sesiunea de comunicări științifice a Institutului de Petrol și Gaze, Ploiești, 21—22 oct., 1988.

[4] Willhite, G. P., Brigham, W. E. Scientific comunication at Stanford University, 1980.

[5] Muskat, M. *Physical principles of oil production.* McGraw Hill Book Company, Inc., 1949.

[6] Caudle, B. H. and Witte, M.D. *Production potential changes during sweepont in a five-spot system.* JPT, Dec., 1959.

# Intervenţia sub presiune la sondele în erupţie naturală (II)

Ing. V. Rădulescu
Centrul de Inginerie Tehnologică şi Proiectare pentru Industria de Utilaj Greu Bucureşti

## III. Acţionarea hidraulică a sistemului de manevră pe verticală cu patru cilindri hidraulici

Schema hidraulică de acţionare este prezentată în figura 3.

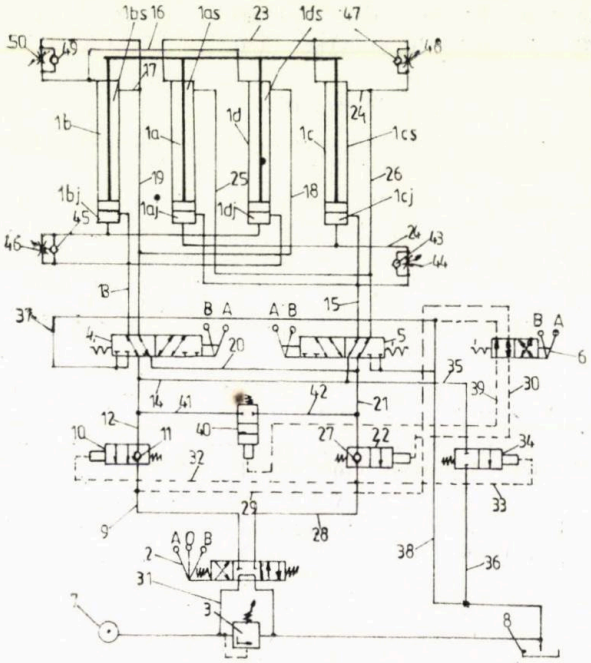



Fig. 3. Schema hidraulică de acţionare a sistemului de manevră pe verticală a garniturii de material tubular.

Elementele hidraulice principale care intră în componenţa schemei sînt:

— cilindrii hidraulici identici, notaţi cu *1a*, *1b*, *1c* şi *1d* (corespunzător poziţiei *10* din figurile 1 şi 2);

— distribuitorul *2* cu trei poziţii şi patru orificii, comandat manual;

— supapa de siguranţă *3*;

— distribuitoarele *4* şi *5* cu două poziţii şi şase orificii, comandate manual;

— distribuitorul *6* cu două poziţii şi patru orificii, comandat manual.

Pe lîngă aceste elemente principale, în schemă există şi alte elemente a căror menţiune se va face în timpul descrierii funcţionării întregului sistem.

Cilindrii hidraulici sînt cu dublă acţiune; prin alimentarea cu ulei a compartimentelor *1aj*, *1bj*, *1cj* şi *1dj* pistoanele, respectiv tijele acestora, se deplasează în sus, iar prin alimentarea cu ulei a compartimentelor *1 as*, *1 bs*, *1 cs* şi *1 ds* acestea se deplasează în jos.

Comanda de ridicare, coborîre şi oprire a tijelor cilindrilor hidraulici se realizează de la distribuitorul *2*.

Pentru poziţia de funcţionare de mijloc a acestuia, cilindrii nu sînt în funcţiune şi uleiul de la sursa hidraulică *7* trece prin distribuitor către rezervorul *8* al sursei.

Pentru poziţiile extreme de funcţionare, cilindrii sînt puşi cu compartimentele superior sau inferior în comunicaţie cu sursa, astfel că tijele (care sînt solidarizate între ele) urcă sau coboară.

Supapa de siguranţă *3* limitează presiunea din circuitul hidraulic al cilindrilor pentru ambele sensuri de deplasare a tijelor acestora, limitînd forţele ce le dezvoltă.

Prin alimentarea cu acelaşi debit a compartimentelor a numai doi cilindri din cei patru se obţin viteze duble de deplasare în ambele sensuri, faţă de cazul cînd sînt alimentaţi toţi cei patru cilindri.

Alimentarea cilindrilor s-a făcut pe perechi de cilindri opuşi (pe diagonală), pentru ca atunci cînd lucrează numai doi din ei să nu apară forţe excentrice în instalaţia de manevrat sub presiune.

Notarea cilindrilor s-a făcut intercalat faţă de ordinea în care sînt plasaţi, astfel cilindrii *1b* şi *1d* sînt alimentaţi în comun prin intermediul distribuitorului *4* şi cilindrii *1a* şi *1c* prin intermediul distribuitorului *5*.

Distribuitoarele acţionate manual sînt reprezentate sugestiv cu manetele în anumite poziţii corespunzătoare sensului de deplasare a cilindrilor *1*, poziţii indicate prin literele *A*, *B* sau *A*, *O*, *B*.

Pentru poziţia manetelor distribuitoarelor corespunzătoare reprezentării acestora cu linie plină, cilindrii *1a*, *1b*, *1c* şi *1d* nu se deplasează, uleiul hidrostatic circulă între sursa hidraulică *7* şi rezervorul *8*, trecînd prin distribuitorul *2*, a cărui manetă este pe poziţia *O*.

Restul traseelor nu au circulaţie de ulei prin ele. Punerea manetei distribuitorului *2* în poziţia *A* realizează legăturile între trasee conform schemei din căsuţa din dreapta a distribuitorului. Sursa hidraulică *7* este în comunicaţie cu traseul *9*, distribuitorul *10*, prin supapa de sens *11* a distribuitorului, la traseul *12*, prin distribuitorul *4* la traseul *13*, prin care se alimentează compartimentele *1bj* şi *1dj* ale cilindrilor *1b* şi *1d*.

Traseul *12* are o ramificaţie *14* care ajunge la distribuitorul *7*, la traseul *15* care alimentează compartimentele *1 aj* şi *1 cj* ale cilindrilor *1a* şi *1c*.

Compartimentele *1bs* şi *1ds* ale cilindrilor *1b* şi *1d* sînt în legătură între ele prin traseul *16* şi apoi prin traseele *17* şi *18*, cu traseul *19*

prin distribuitorul *4*, traseele *20* și *21* la distribuitorul *22*.

Compartimentele *1as* și *1cs* ale cilindrilor *1a* și *1c* sînt în legătură între ele prin traseul *23* și apoi prin traseele *24* și *25*, distribuitorul *5*, traseele *20* și *21* la același distribuitor *22*.

Rezultă că toate compartimentele superioare *1as*, *1bs*, *1cs* și *1ds* sînt în legătură cu distribuitorul *22*.

Supapa de sens *27*, cuprinsă în distribuitorul *22*, blochează trecerea uleiului de la compartimentele superioare către traseul *28*,la distribuitorul *2* și de aici la rezervor.

Deci compartimentele inferioare ale tuturor cilindrilor sînt în legătură cu sursa hidraulică *7* și compartimentele superioare ale acelorași cilindri în legătură cu rezervorul *8*.

De traseul *9* este legat distribuitorul *6* prin traseul *29* și, pentru poziția *A* a manetei sale, asigură legăturile din căsuța din stînga (ca în figură), cu traseul *30* pînă la comanda hidraulică a distribuitorului *22*, pe care îl comandă pe a doua poziție, deblocînd legătura dintre traseele *21* și *28*, și în continuare pînă la rezervorul *8*. În această situație, pistoanele cilindrilor se deplasează de jos în sus, atîta timp cît maneta distribuitorului *2* este ținută pe poziția *A*.

La atingerea pistoanelor de capacele superioare ale cilindrilor presiunea sursei hidraulice crește pe întregul traseu, inclusiv la supapa de descărcare *3*. La atingerea valorii de deschidere a acesteia se realizează legătura dintre sursa hidraulică *7* și rezervorul *8*.

La aducerea manetei distribuitorului *2* în poziția *B*, restul distribuitoarelor păstrînd manetele în poziția inițială, sursa *7* prin distribuitorul *2* se pune în legătură cu traseul *28*, distribuitorul *22*, prin supapa *27* (la dispariția presiunii de comandă la distribuitorul *22* se revine la schema legăturilor inițiale datorită arcului de revenire al acestuia), traseul *21*, distribuitorul *5*, traseul *26* cu ramificațiile *24*, *23* și *26*, ajungînd la compartimentele *1cs* și *1as* ale cilindrilor *1c* și *1a*.

Din traseul *21*, prin traseul *20*, prin distribuitorul *4*, prin traseul *19* și ramificațiile *17* și *16* se ajunge la compartimentele *1bs* și *1ds* ale cilindrilor *1b* și *1d*. În același timp, compartimentele *1bj* și *1dj* prin traseul *13*, distribuitorul *4*, traseul *12* se pun în comunicație cu distribuitorul *10*. De asemenea, compartimentele *1aj* și *1cj* prin traseul *15*, distribuitorul *5*, traseul *14* se pun în legătură cu distribuitorul *10*, a cărui supapă de sens *11* înglobată în el nu permite circulația uleiului prin traseul *9*, distribuitorul *2*, la rezervorul *8*.

Din traseul *28*, care în cazul manetei distribuitorului *2* este în poziția *B*, prin traseul *32* se primește comandă hidraulică la distribuitorul *10* care comută pe poziția a doua de funcționare și realizează legătura întreruptă, mai sus-menționată, între traseele *12*, *9*, distribuitorul *2* și rezervorul *8*.

Legat de traseul *32* este traseul *33* care comandă hidraulic distribuitorul *34*, pe care-l comută pe poziția a doua de funcționare, astfel că prin traseul *14*, traseul *35* și traseul *36* o parte din ulei deversează direct la rezervorul *8*, nu prin traseul care trece prin distribuitorul *10* și distribuitorul *2*.

Întoarcerea unei părți din ulei către rezervor pe traseu separat este justificată de faptul că la coborîrea pistoanelor compartimentele superioare ale acestora, avînd volum mai mic față de volumul compartimentelor inferioare (volumul superior este ocupat în parte de volumul tijelor cilindrilor), la un anumit debit al sursei hidraulice, debitul întors la rezervor din compartimentele inferioare este mai mare, proporțional cu raportul secțiunilor acestor compartimente.

Întoarcerea unui debit de ulei mai mare pe trasee cu secțiune redusă duce la pierderi ridicate de presiune și implicit putere, deci un randament mai scăzut al transmisiei hidrostatice.

La oprirea pistoanelor în capacele inferioare ale cilindrilor se întîmplă același lucru ca în cazul descris la atingerea capacelor superioare.

La comutarea distribuitorului *4* în poziția *B* a manetei sale (schema legăturilor din dreapta) se realizează deplasarea pe verticală a pistoanelor cilindrilor hidraulici, cu ajutorul a doi cilindri din cei patru, și anume *1a* și *1c*. Pistoanele celorlalți doi cilindri *1b* și *1d* sînt antrenate de primii în mișcarea pe verticală prin grinda mobilă care solidarizează tijele lor.

Distribuitorul *2* comandă mișcarea celor două pistoane ale cilindrilor *1a* și *1c* în mod similar cazului deplasării celor patru pistoane.

Punerea manetei distribuitorului *2* pe poziția *A* duce la ridicarea pistoanelor. Uleiul de la sursa hidraulică *7* trece prin distribuitorul *2*, traseul *9*, supapa de sens *11* a distribuitorului *10*, traseele *12* și *14*, prin distribuitorul *5*, traseul *15* la cavitățile *1aj* și *1cj*, iar uleiul din cavitățile *1as* și *1cs* prin traseele *23*, *24*, *25* și *26* prin distribuitorul *5*, traseul *21*, distribuitorul *22* comutat hidraulic pentru ocolirea supapei de sens *27*, traseul *28* prin distribuitorul *2* trece la rezervorul *8*.

Prin comutarea manetei distribuitorului *4* pe poziția *B* se realizează schema de legături din dreapta, astfel că legătura dintre sursa hidraulică și compartimentele *1bj* și *1dj* este întreruptă. Aceste compartimente se unesc cu compartimentele *1bs* și *1ds* prin traseele *16*, *17*, *18*, *19*, *13*, distribuitorul *4*, traseele *37* și *38* și rezervorul *8*.

Uleiul din compartimentele *1bj* și *1dj*, la ridicarea pistoanelor, pătrunde în aceste compartimente, prin intermediul traseelor menționate, venind de la compartimentele *1bs* și *1ds* (compartimente care se golesc de ulei la deplasarea pistoanelor în sus) și de la rezervor.

La ridicarea pistoanelor este nevoie de aport de ulei de la rezervor.

Uleiul din compartimentele *1bs* și *1ds* la coborîrea pistoanelor pătrunde în acestea prin aceleași trasee, venind de la compartimentele *1bj* și *1dj* (compartimente care se golesc de ulei la deplasarea pistoanelor în jos).

La coborîrea pistoanelor, apare surplus de ulei, care este deversat la rezervor.

Aceste variații ale cantității de ulei vehiculat între compartimentele cilindrilor antrenați apar datorită diferențelor de volume între compartimentele de jos și cele de sus.

Punerea manetei distribuitorului *2* pe poziția *B* duce la coborîrea pistoanelor cilindrilor *1a* și *1c* care antrenează în mișcarea de sus în jos și pistoanele cilindrilor *1b* și *1d*.

Comutarea manetei distribuitorului *4* pe poziția *A* face ca pistoanele cilindrilor *1b* și *1d* să devină active, ceilalți cilindri devenind inactivi.

Cînd manetele distribuitorului *4* și *5* se aduc pe poziția *B* sînt închise circuitele de la sursa hidraulică spre compartimentele tuturor cilindrilor hidraulici, iar acestea sînt legate între ele și sînt în același timp în legătură cu rezervorul *8*.

Pistoanele cilindrilor, solidarizate între ele, pot coborî liber datorită greutății proprii și sarcinilor cu care sînt încărcate (greutatea garniturii de material tubular).

Distribuitorul *6* are în timpul funcționării, în general, poziția *A*, realizîndu-se cazurile de funcționare descrise mai sus.

La aducerea manetei acestuia în poziția *B*, se realizează schema de legături din dreapta, astfel că se pune în legătură traseul *9* cu traseul *29* și cu traseul *39*, pînă la distribuitorul cu două poziții și două orificii de legături *40*.

La acționarea manetei distribuitorului *2* pe poziția *A*, distribuitoarele *4* și *5* avînd manetele tot pe poziția *A*, se pune în legătură sursa hidraulică *7* cu traseele care alimentează compartimentele inferioare ale cilindrilor, adică *1aj*, *1bj*, *1cj* și *1dj*, compartimentele superioare fiind puse în comunicație cu rezervorul *8*.

În același timp, prin traseele *29*, *39* se alimentează distribuitorul *40* care comută de pe poziția din schemă, cînd legătura între traseele *41* și *42* este întreruptă, pe poziția de jos a schemei distribuitorului, cînd se realizează legătura dintre aceste trasee. Sursa *7* este în legătură atît cu compartimentele inferioare ale cilindrilor, cît și cu cele superioare prin traseele *41* și *42*.

Secțiunea activă a cilindrilor hidraulici o constituie secțiunea tijei pistoanelor.

Pistoanele cilindrilor *1a*, *1b*, *1c* și *1d* se deplasează de jos în sus cu viteză ridicată, dar fără să realizeze sarcini mari de împingere, deplasare utilizată la manevra cu sarcină redusă a garniturii de material tubular.

Dublarea acestei viteze rapide de ridicare a broaștei mobile are loc dacă maneta distribuitorului *4* sau a distribuitorului *5* se comută pe poziția *B*.

În această situație numai doi cilindri au ambele compartimente în legătură cu sursa hidraulică și viteza obținută este foarte mare, ea fiind utilizată la deplasarea de jos în sus a tijelor cilindrilor (broasca mobilă fără sarcină).

Pentru eliminarea șocurilor la cele două capete de cursă ale pistoanelor cilindrilor, atunci cînd acestea sînt pe punctul de a veni în contact cu capacele, alimentarea compartimentelor acestora se face prin cîte două trasee fiecare, trasee pe care sînt intercalate supape de sens și rezistențe reglabile.

Supapele de sens și rezistențele reglabile sînt legate între ele în paralel, dar ambele sînt înseriate în circuitul de alimentare a fiecărui compartiment.

Compartimentele inferioare ale cilindrilor *1a* și *1c* sînt alimentate prin supapa de sens *43* și rezistența reglabilă *44* și ale cilindrilor *1b* și *1d* prin supapa de sens *45* și rezistența reglabilă *46*. Compartimentele superioare ale cilindrilor *1a* și *1c* sînt alimentate prin supapa de sens *47* și rezistența reglabilă *48* și ale cilindrilor *1b* și *1d* prin supapa de sens *49* și rezistența reglabilă *50*.

La deplasarea pistoanelor la început de cursă, cînd acestea pornesc de lîngă capacele cilindrilor, alimentarea compartimentelor respective se face inițial prin supapa de sens, pînă se deschide cel de-al doilea circuit de alimentare. În continuare alimentarea compartimentelor respective se face prin traseul cu supapă de sens și prin circuitul liber.

Evacuarea uleiului din celelalte compartimente, cînd pistoanele se apropie de celelalte capace, se face prin circuitul liber, supapele de sens fiind blocate datorită pozițiilor lor în cadrul schemei.

La apropierea pistoanelor de capace, acestea închid circuitele libere și evacuarea uleiului se face prin rezistențele reglabile (debitul de ulei trecut prin acestea este mult mai mic decît cel livrat de presa hidraulică și care poate fi reglat la valoarea dorită).

Circuitul hidraulic al cilindrilor de manevră a garniturii de material tubular se caracterizează prin :

— presiunea de lucru $p$, daN/cm$^2$;
— debitul $Q$, l/min.

Cilindrii hidraulici sînt caracterizați de :

— diametrul pistonului $D$, cm ;
— diametrul tijei $d$, cm ;
— cursa pistonului $S$, cm.

Relațiile forțelor dezvoltate de cilindrii sistemului de manevră a garniturii de material tubular, a vitezelor și a timpilor de deplasare a acestora sînt menționate în tabelul 1.

Debitele necesare date de sursa hidraulică ce alimentează cilindrii de manevră sînt afectate de randamentul volumetric al transmisiei hidrostatice ($\eta_v = 0{,}95 \ldots 0{,}98$).

*Tabelul 1*

**Relațiile forțelor, vitezelor și timpilor de deplasare a garniturii de material tubular manevrată de sistemul cu patru cilindri hidraulici**

| Operația | Parametrul | Funcționarea sistemului de manevră | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | cu patru cilindri de manevră | | cu doi cilindri de manevră | |
| | | sarcină mare | sarcină mică | sarcină mare | sarcină mică |
| Extragerea garniturii de material tubular (cilindrii împing sarcina) | Forța dată de cilindri, daN | $F_{4I} = \pi D^2 p$ | $F_{4i} = \pi d^2 p$ | $F_{2I} = \frac{\pi}{2} D^2 p$ | $F_{2i} = \frac{\pi}{2} d^2 p$ |
| | Viteza de deplasare a garniturii, m/s | $v_{4I} = \frac{1}{6} \cdot \frac{Q}{\pi D^2}$ | $v_{4i} = \frac{1}{6} \cdot \frac{Q}{\pi d^2}$ | $v_{2I} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q}{\pi D^2}$ | $v_{2i} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q}{\pi d^2}$ |
| | Timpul de deplasare la cursa $S$, s | $t_{4I} = \frac{3\pi D^2}{8 \cdot 10^2 \cdot Q} \cdot S$ | $t_{4i} = \frac{3\pi d^2}{8 \cdot 10^2 \cdot Q} \cdot S$ | $t_{2I} = \frac{3\pi D^2}{4 \cdot 10^2 \cdot Q} \cdot S$ | $t_{2i} = \frac{3\pi d^2}{4 \cdot 10^2 \cdot Q} \cdot S$ |
| Introducerea garniturii de material tubular (cilindrii trag sarcina) | Forța dată de cilindri, daN | $F_{4T} = \pi(D^2 - d^2)p$ | — | $F_{2T} = \frac{\pi}{2}(D^2 - d^2)p$ | — |
| | Viteza de deplasare a garniturii, m/s | $v_{4T} = \frac{1}{6} \cdot \frac{Q}{\pi(D^2 - d^2)}$ | — | $v_{2T} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q}{\pi(D^2 - d^2)}$ | — |
| | Timpul de deplasare la cursa $S$, s | $t_{4T} = \frac{3\pi(D^2 - d^2)}{8 \cdot 10^2 \cdot Q} \cdot S$ | — | $t_{2T} = \frac{3\pi(D^2 - d^2)}{4 \cdot 10^2 \cdot Q} \cdot S$ | — |

**Principalele caracteristici ale sistemului de manevră a gamei instalațiilor de manevrat sub presiune** *Tabelul 2*

| Caracteristici tehnice | | | | Unitatea de măsură | Tipul instalației de manevrat sub presiune | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | MP—20 | MP—50 | MP—80 | MP—125 | MP—200 |
| Sarcina nominală de ridicare a garniturii de material tubular | | | | daN | 20 000 | 50 000 | 80 000 | 125 000 | 200 000 |
| Cilindrii de manevră | Diametrul pistonului, $D$ | | | mm | 80 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| | Diametrul tijei, $d$ | | | mm | 50 | 80 | 100 | 140 | 180 |
| | Cursa, $S$ | | | mm | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 3 000 |
| Presiunea maximă din circuitul hidraulic al cilindrilor | | | | daN/cm² | 125 | | | | |
| Sarcina manevrată corespunzătoare presiunii maxime | de jos în sus | cu patru cilindri | maxim | daN | 22 600 | 55 200 | 90 400 | 141 300 | 220 800 |
| | | | minim | | 8 800 | 22 600 | 35 300 | 69 300 | 114 400 |
| | | cu doi cilindri | maxim | | 11 300 | 27 600 | 45 200 | 70 650 | 110 400 |
| | | | minim | | 4 400 | 11 300 | 17 650 | 34 650 | 57 200 |
| | de sus în jos | cu patru cilindri | | | 13 700 | 32 600 | 55 100 | 72 100 | 106 300 |
| | | cu doi cilindri | | | 6 800 | 16 300 | 27 600 | 36 000 | 53 100 |

Forțele dezvoltate de cilindri ($F_{4I}$, $F_{4i}$, $F_{2i}$ și $F_{2I}$) sînt afectate de frecările dintre elementele în mișcare ale cilindrilor, deci apare noțiunea de randament mecanic.

Pentru sisteme de etanșare cu inele „0", $\eta_m = 0{,}8$, pentru sisteme de etanșare cu garnituri în formă de V sau U, $\eta_m = 0{,}92 \ldots 0{,}95$.

Relația dintre puterea sursei hidraulice (necesară) și puterea dezvoltată de sistemul de manevră a garniturii de material tubular este afectată de randamentul total $\eta_t = \eta_v \cdot \eta_m$.

## IV. Gama instalațiilor cu patru cilindri hidraulici de manevră sub presiune a garniturii de material tubular

Gama instalațiilor de manevră sub presiune trebuie să se înscrie în gama instalațiilor convenționale de intervenție.

Aceste instalații vor fi denumite cu indicativul MP, care înseamnă manevră sub presiune, indicativ urmat de o cifră ce reprezintă sarcina nominală exprimată în tf, ce poate fi manevrată de jos în sus cu cei patru cilindri hidraulici.

Principalele caracteristici ale sistemului de manevră a instalațiilor de manevrat sub presiune sînt menționate în tabelul 2.

Restul subansamblelor care compun instalațiile de manevrat sub presiune — preventoare, stripere, broaște fixe și mobile, mese rotative, clești mecanizați — sînt alese corespunzător dimensiunilor garniturii de material tubular, presiunii sondei și adîncimii acesteia.

### Bibliografie


[1] Rădulescu, V. ș.a. *Dispozitive de mecanizare și siguranță utilizate la forarea și exploatarea sondelor.* Ed. Tehnică, București, 1979.

[2] Rădulescu, V. *Acționări hidraulice și pneumatice în foraj-extracție.* Ed. Tehnică, București, 1984.

[3] Ioachim, Gr. ș.a. *Exploatarea zăcămintelor de țiței.* Ed. Tehnică, București, 1979.

[4] Silberman, R. J. ș.a. *Hydraulic systems-a tool for prevention of formation damage.* Society of Petroleum Engineers of AIME. Paper number SPE 4789—1974.

[5] Scott, R. W. *Hydraulic snubber built to operate in rugged terrain.* World Oil. January, 1972.

[6] Long, W. L. *Running and publing pipe under pressure.* World Oil, April, 1975.



Revista MINE, PETROL și GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră
București, Calea Victoriei 220, sector 1, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75
Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 1346
**Prețul 13 lei/exemplar**
Grafica: A. Socaciu

c. 1346

43 103

# CONSTANTIN SOARE

La 15 iunie 1989 o moarte fulgerătoare l-a răpit din mijlocul prietenilor și colaboratorilor, în plină putere de muncă și avînt creator, pe dr. ing. **Constantin Soare**, director științific al I.C.P.P.G. Cîmpina.

Născut în București la 6 septembrie 1928, absolvă cursurile facultății de exploatare a zăcămintelor de țiței și gaze din cadrul Institutului de Petrol, Gaze și Geologie din București în anul 1954. După încadrarea în producție urcă toate treptele ierarhice, fiind pe rînd șef de secție la schela Cobia, inginer șef la schela Moșoaia, director tehnic la Trustul de extracție Pitești, director la Trustul de extracție Moinești, director în D.G.P.T.G.—M.M.P.G. și director științific la I.C.P.P.G. Cîmpina.

Cei 35 de ani de activitate s-au caracterizat prin competență, abnegație și dorința continuă de ridicare a nivelului profesional. A absolvit și cursurile fără frecvență ale Facultății de Economie a Institutului Politehnic București, acordîndu-i-se titlul de inginer economist, cursurile de conducere a centralelor industriale CEPECA, iar în 1972 a obținut titlul de doctor inginer. Desfășurîndu-și activitatea pe o solidă platformă practică și teoretică, dr. ing. C. Soare a obținut succese remarcabile, devenind unul dintre specialiștii de bază ai industriei de petrol și gaze din România. Solicitat nu numai în țară, ci și în străinătate, s-a deplasat în interes de serviciu în S.U.A., Canada, Franța, R.F.G., Anglia, Italia, Malta, Grecia, Iordania, Libia.

Preocupat permanent de introducerea unor metode noi în exploatarea zăcămintelor de țiței și gaze, a avut un aport important la realizarea a numeroase proiecte avînd ca obiectiv mărirea factorului de recuperare la zăcămintele vechi, dezvoltarea exploatării unor zăcăminte noi și, în special, la trecerea la exploatarea industrială a zăcămintelor de țiței și gaze descoperite în sectorul românesc al Platformei Continentale a Mării Negre.

Cu o putere de muncă rar întîlnită și cu un entuziasm pe care știa să-l transmită colaboratorilor săi, Constantin Soare a contribuit nu numai la obținerea unor importante realizări în domeniul exploatării petrolului, ci și la formarea unor colaboratori de valoare.

Devotat idealurilor clasei muncitoare, membru al P.C.R. din anul 1956, Constantin Soare, și-a pus cu o rară abnegație, talentul, priceperea și sănătatea în slujba dezvoltării industriei de petrol din România.

Activitatea sa remarcabilă, multilaterală a fost distinsă cu premii, ordine și medalii ale Republicii Socialiste România.

Dispariția fulgerătoare a celui care a fost dr. ing. **Constantin Soare** constituie o mare pierdere pentru Industria de Petrol, iar activitatea sa neobosită, modestia și dragostea de oameni fac ca toți cei cu care a lucrat și cei care l-au cunoscut să-i poarte o neștearsă amintire.

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR

# Institutul de cercetări si proiectări pentru petrol si gaze Cîmpina

EXECUTA PENTRU PARTENERII SAI:

STUDII

•• studii geologice complexe privind elaborarea şi fundamentarea programului de lucrări de prospecţiune şi explorare în vederea stabilirii perspectivelor de hidrocarburi ale bazinelor sedimentare;
•• studii de evaluare a rezervelor de prognoză şi industriale şi de prevedere a producţiei de hidrocarburi;
•• studii şi documentaţii tehnice privind extracţia ţiţeiului şi gazelor din sonde mine;
•• studii privind interpretarea calitativă şi cantitativă a diagrafiilor de sondă, elaborarea de programe şi prelucrarea datelor la calculatoarele electronice;
•• studii de exploatare a zăcămintelor de ţiţei şi gaze;
•• studii asupra metodelor de recuperare;
•• studii economice şi de optimizare;
•• studii şi cercetări privind forajul sondelor, extracţia, transportul şi distribuţia gazelor naturale;
•• procese şi aparate de ardere a gazelor naturale.

DOCUMENTAŢII TEHNICE

•• documentaţii tehnice (engineering) privind colectarea, separarea, încălzirea cu flacără directă, desulfurarea, depozitarea şi transportul ţiţeiului, apei şi gazelor;
•• documentaţii tehnice pentru instalaţiile de suprafaţă din şantiere;
•• documentaţii tehnice privind amenajări de baze petroliere, instalaţii portuare pentru primirea şi expedierea ţiţeiului şi produselor petroliere;
•• documentaţii tehnico-economice pentru investiţiile privind forajul sondelor, extracţia, distribuţia şi utilizarea gazelor naturale;
•• documentaţii tehnice de instalaţii autotransportabile pentru intervenţie la sonde şi măsurători;
•• documentaţii tehnice privind extracţia ţiţeiului prin minerit şi prelucrarea şisturilor petrolifere.

ANALIZE

•• analize petrofizice (densitatea, susceptibilitatea şi orientarea magnetică);
•• analize petrografice-mineralogice (determinări microscopice în secţiuni subţiri ale mineralelor grele şi reziduurilor insolubile, granulometrii, conţinutul în carbonaţi, determinări în raze X, analize termodiferenţiale);
•• analize geochimice (determinarea elementelor anorganice, extracţii cu solvenţi, analize spectrografice, cromatografice, analize de ţiţei, apă şi gaze);
•• analize paleontologice (microfaunistice, microfaunistice şi palinologice);
•• analiza diagrafiilor şi evaluarea formaţiilor;
•• analize convenţionale şi speciale pentru carote (porozităţi, permeabilităţi, saturaţii în ape interstiţiale, presiuni capilare, permeabilităţi relative etc.);
•• analiza gazelor, condensatului, ţiţeiului şi apei extrase din sonde;
•• analiza fluidelor de foraj şi a pastelor de cimentare a sondelor.

ALTE ACTIVITATI

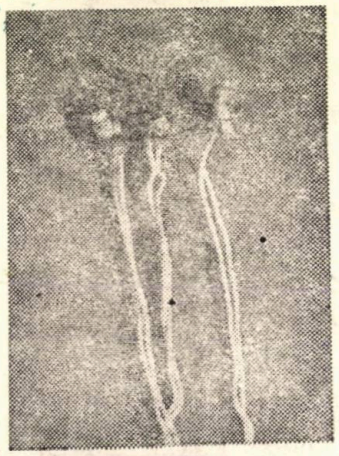
•• măsurarea presiunilor şi a temperaturilor din sondele productive, analize P.V.T.;
•• materiale noi (aditivi) pentru fluidele de foraj, pentru degajarea garniturii de foraj; paste de ciment, stimularea producţiei, dezemulsionarea, reducerea viscozităţii şi tratarea ţiţeiului pentru transport, combaterea coroziunii, crustelor;
•• dispozitive de control pentru activitatea de foraj, dispozitive de gaz-lift, aparate pentru evaluarea presiunii, temperaturii şi colectarea probelor de ţiţei şi gaze din sonde, mecanisme de ceasornic;
•• aparate pentru determinarea presiunii de vapori şi densităţii gazolinei;
•• aparate pentru determinarea stabilităţii electrice a emulsiilor inverse;
•• prese pentru testarea rezistenţei pietrei de ciment;
•• nivelmetre;
•• instalaţii şi pompe de injecţie a chimicalelor pentru evacuarea lichidelor acumulate în gaura de sondă.

ICPPG CIMPINA, str. Culturii nr. 29
Telefon 31730, cod 2150, jud. PRAHOVA

MINISTERUL MINELOR

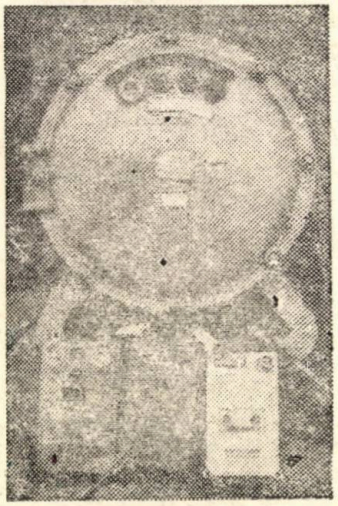
# CENTRUL DE CERCETARI, INGINERIE TEHNOLOGICA SI PROIECTARI PENTRU SECURITATE MINIERA - PETROSANI

## EXECUTA LUCRARI DE CERCETARE SI INGINERIE TEHNOLOGICA IN DOMENIILE:



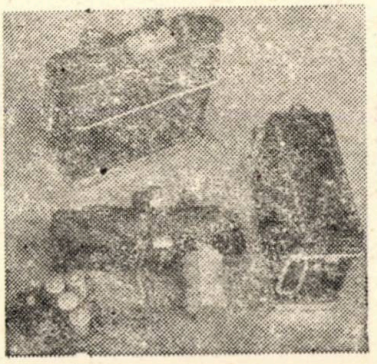
explozivi şi materiale de iniţiere • tehnologii de împuşcare • metode şi mijloace tehnice de limitare a exploziilor • aeraj general şi parţial • degazarea minelor • prevenirea şi combaterea metanului, a altor gaze şi pulberi explozive sau toxice • prevenirea şi combaterea focurilor endogene şi incendiilor • prevenirea şi combaterea prafului pneumoconiotic, a zgomotului, vibraţiilor în subteran, cariere şi uzine de preparare • psihologia muncii • salvare minieră • perfecţionarea tipurilor de protecţie ale echipamentelor electrice antigrizutoase şi antiexplozive • materiale pentru atmosfere potenţial explozive • protecţia reţelelor electrice miniere.

## EFECTUEAZA SERVICII DE SPECIALITATE PRIVIND:



• verificarea materialelor explozive • asistenţă tehnică la lucrările de împuşcare speciale (demolări, împuşcări subacvatice, pentru protecţia obiectivelor faţă de acţiunea seismică a exploziilor etc.) • analize fizico-chimice • instruire laboranţi pentru analize de pulberi şi gaze • instruire-reinstruire salvatori, verificare şi reparare aparatură salvare şi autosalvare • testarea psihologică a personalului • elaborează şi livrează material de propagandă de protecţia muncii • verificarea, încercarea şi atestarea echipamentelor şi materialelor pentru atmosfere potenţial explozive • asistenţă tehnică la lichidarea avariilor şi stabilirea măsurilor de tehnica securităţii.

1989 OKT 6



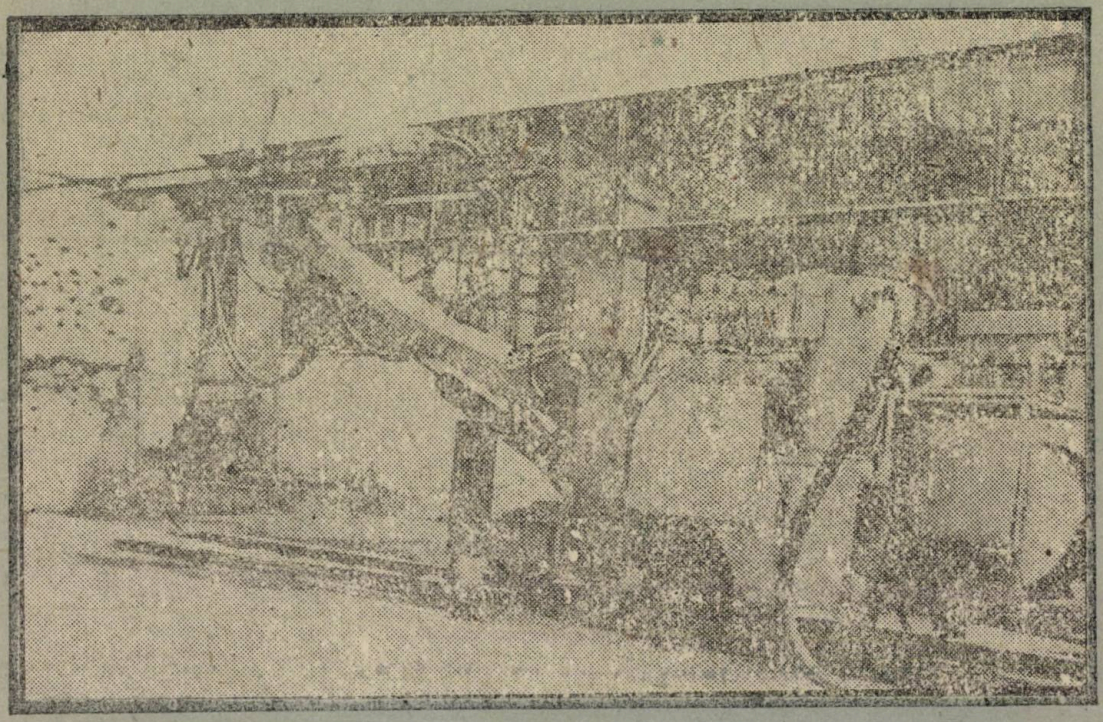
PETROSANI, str. Dr. Petru Groza nr. 32-34
Jud. HUNEDOARA
Telefon: centrala 41621, 41611, secret. 42233

E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI — ROMÂNIA • Vol. 40, august 1989

8



INTREPRINDEREA DE UTILAJ MINIER PETROSANI

Str. Republicii nr. 1, cod 2675, tel. 42820

PRODUCE SI LIVREAZA:

SUSTINERE MECANIZATA DE ABATAJ TIP SMA-2

Caracteristici tehnice:

- înălţime minimă, 2000 mm;
- înălţime maximă, 3100 mm;
- portanţa susţinerii, 2x1000 kN;
- lichid de lucru, apă + 5% ulei emulsionabil;
- presiunea lichidului, 315 bar;
- înclinarea maximă pe direcţie, ± 15°;
- înclinarea maximă pe transversală, ± 45°;
- masa pe secţie, 11600 kg.

PRODUS LA NIVEL MONDIAL.

ADAPTABILITATE PENTRU ORICE CONDITII DE LUCRU DIN VALEA JIULUI.

IUM PETROSANI

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

Nr. 8 1989


MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTJA 1983

## CUPRINS


* * * **Cinstire muncii** . . . . . 353

*Fodor, D., Georgescu, M.* **Influenţa industriei miniere asupra mediului înconjurător şi redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (II)** . . . . . 354

*Stăicuş, I., Terheci, E.* **Tehnologia de haldare cu maşina de haldat cu braţ de 170 m cuplat cu un excavator cu rotor** 368

*Muste, I.* **Foreză rotativă pentru forarea de găuri orizontale şi de mică înclinare** . . . . . 373

*Creţu, I., Mehrdad Vahedi* **Cercetări teoretice şi experimentale privind drenajul gravitaţional al petrolului** . . . . . 376

*Pavel, A.* **Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie** (II) 385

*Manolescu, G.* **Asupra instabilităţii meniscurilor dintre două faze imiscibile în decursul punerii în zăcământ a hidrocarburilor** . . 397

*Pârcălăbescu, I. D., Funzescu, D., Nistor, I., Georgescu, O.* **Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a cineritelor din orizontul disodilelor inferioare şi orizontul Kliwa inferior ale pintenului de Văleni şi unele supoziţii de geneză** . . . . . 403

**Informaţii**



COLEGIUL DE REDACŢIE

*Preşedinte:* ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *Influenţa industriei miniere asupra mediului înconjurător şi redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (II)*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.693.25 : 621.879

Stăicuş, I., Terheci, E. *Tehnologia de haldare cu maşina de haldat cu braţ de 170 m cuplat cu un excavator cu rotor*

Se prezintă o tehnologie de haldare la cariera Lupoaia, care foloseşte complexul de haldare cu transbordare, compus dintr-o maşină de haldat cu un braţ de deversare lung de 170 m şi un excavator cu rotor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.233 : 622.24.05 : 629.114.2

Muste, I. *Foreză rotativă pentru forare de găuri orizontale şi de mică înclinare*

Se prezintă o foreză rotativă pentru forare de găuri orizontale şi de mică înclinare montată pe un tractor articulat, tehnologia de lucru, parametrii funcţionali, domeniul de utilizare şi avantajele acesteia.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.25.001.5

Creţu, I., Mehrdad Vahedi *Cercetări teoretice şi experimentale privind drenajul gravitaţional al petrolului*

Sînt analizate particularităţile modelelor estimării performanţei drenajului gravitaţional, precum şi corelarea rezultatelor experimentale cu performanţa drenajului obţinută prin calcul.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie (II)*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.4.001.1

Manolescu, G. *Asupra instabilităţii meniscurilor dintre două faze imiscibile în decursul punerii în zăcământ a hidrocarburilor*

Analizînd la scară microscopică dezlocuirea unei faze apoase de către o fază uleioasă migratoare, la pătrunderea în roca colectoare, s-a comparat stabilitatea relativă a două forme de meniscuri: menisc cilindric şi menisc de calote sferice. Consecinţa este că atît în cazul modelului cilindric, cît şi în cazul canalelor de deschidere variată succesiunile de dopuri conduc la gradienţi capilari de presiune care blochează curgerea, limitînd zona de pătrundere a petrolului în zăcământ. În cazul procesului de extracţie, acelaşi efect introduce însemnate pierderi curgerii, ceea ce conduce la pierderi de productivitate zilnică, dar şi la pierderi de rezerve extractibile.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. ş. a. *Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a cineritelor din orizontul disodilelor inferioare şi orizontul Kliwa inferior ale pintenului de Văleni şi unele supoziţii de geneză*

Lucrarea prezintă dispoziţia stratigrafică a nivelelor de material cineritic din orizonturile disodilelor inferioare şi Kliwa inferior ale pintenului de Văleni din unitatea de Tarcău a Carpaţilor Orientali, asociată cu analiza chimico-mineralogică. Sînt evidenţiate, de asemenea, perioadele de paroxism şi natura acidă a vulcanismului. Se fac şi unele supoziţii de geneză.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989



**Informaţii**

# CONTENTS


C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *The influence of mining on the environment and land recultivation* (II)

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.693.25 : 621.879

Stăicuş, I., Terheci, E. *Stacking technology with a machine having a 170 m boom, on an excavator*

The authors present a stacking technology at the Lupoaia open pit, where a transfer stacking complex made up of a stacking machine with a 170 m long boom and a rotor excavator is being used.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.233 : 622.24.05 : 629.114.2

Muste, I. *Rotary drll rig for horizontal and small angle holes*

A rotary drill rig for horizontal and small angle holes and mounted on an articulated tractor is presented, together with its work, technology operating parameters, utilization and advantages.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.25.001.5

Creu, I., Mehrdad Vahedi *Theoretical and experimental research work concerning the gravitational drainage of oil*

The peculiarities of models for the evaluation of gravitatio nal drainage are analysed, as well as the corroborating of-experimental data with the calculated performances of drainage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 198

C.Z. 622.82.001.5

Pavel, A. *The basics of antiexplosive protection and the delimitation of dangerous zones* (*II*)

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.4.001.1

Manolescu, G. *On the instability of lentiles between two non-mixing zones during the depositing of hydrocarbons*

Analysing on a microscopic scale the pushing out of an aqueous phase by an oily migratory one, when penetrating the collecting rock, the relative stability of two lentiles shapes were compared : cylindrical lentiles and spherical lentiles. The consequence is that both in the case of the cylindrical model and in that of various opening chanels, the succesions of plugs cause capilary pressure gradients which block the flow, limiting the zone through which the oil enters the deposit. During exploitation the same effect is the cause of important productivity impediments as well as loss of recoverable reserves.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 553.182.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. et al. *On the chemico-mineralogic composition of cinerit in the inferior Disodils and the lower Kliwa horizon of the Văleni spur and some supositions concerning its origin*

The article presents the stratigraphic disposition of the cineritic seams in the lower Disodil horizon and the lower Kliwa horizon of the Văleni Spur from the Tarcău unit of the Easter Carpathians, as well as their chemico-mineralogic analysis. The paroxysmal periods and the acid nature of vulcanism are also pointed out, together with some supositions concerning their origin.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989


# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 622.882

Фодор, Д., Джорджеску, М. *Влияние горнодобывающей промышленности на окружающую среду и возвращение экономическому обороту нарушенных земель (II)*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

УДК 622.693.25: 621.879

Стэйкуш, И., Терхеч, Е. *Технология отвалообразования отвалообразователем со стрелой 170 м в сочетании с экскаватором*

Представляется технологию отвалообразования на карьере Лупоая, использующую комплекс отвалообразования с перегрузкой, в составе отвалообразовательной машины со стрелой 170 м и роторным экскаватором.

Ключевые слова: технология, отвалообразование, экскаватор карьер, стрела.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

УДК 622.233: 622.24.05: 629.114.2

Мусте, И. *Роторный перфоратор для бурения горизонтальных и с небольшим наклонением скважин*

Представлены роторный перфоратор для бурения горизонтальных и с небольшим наклонением скважин, смонтирован на шарнирном тракторе, технологию работы, функциональные параметры, область применения и его выгоды.

Ключевые слова: технология, отвалообразование, экскаватор, карьер, стрела.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

УДК 622.276.25.001.5

Крецу, И., Мехрдад Ваxеди *Теоретические и экспериментальные исследования гравитационного дренажа нефти*

Анализированы особенности моделей для оценки хороших результатов гравитационного дренажа, а также соотношения экспериментальных результатов от хороших результатов дренажа расчётом.

Ключевые слова: исследования, дренаж, результаты, расчёт.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

УДК 622.82.001.4

Павел, А. *Фундаменты взрывобезопасной защиты и зонирование взрывоопасных сред* (II)

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

УДК 622.276.4.001.1

Манолеску, Г. *О нестабильности менисков между двумя несмешиваемыми зонами во время образования углеводородов в месторождениях*

Микроскопическим анализом вытеснения водяной фазы маслянистой предвижной фазой при проходе в коллектоную породу сравнивалась относительная стабильность двух форм менисков: цилиндрического и с цилиндрическим сводом. Как в случае цилиндрической модели, так и каналов с переменной щелью, последовательность пыжей приводят к капилярным градиентам давления, которые блокируют течение, ограничивая зону прохода нефти в месторождение. Во время процесса добычи, тот же эффект значительно препьяствует течку, приводя к потерям суточной производительности и потерям добываемых резервов.

Ключевые слова: мениск, углеводороды, свод, градиент, течение, эффект, месторождение.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

УДК 553.982.239: 551.217

Пыркэлэбеску, И. Д. и др. *О химико-минералогическом составе кинеритов в горизонте низких Дисодил и нижнего Клива Волнореза Вэлень и некоторые соображения о генезисе*

Работа представляет стратиграфическое расположение слоев кинеритического материала горизонтов Дисодил и нижнего Клива Волнореза Вэлень Единицы Таркэу Восточных Карпатов, в сочетании с химико-минералогическим анализом. Также, выявлены периоды припадка и кислая природа вулканизма. Даны и соображения о генезисе.

Ключевые слова: состав, кинериты, Дисодилы, Клива, генезис, Восточные Карпаты.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

## INHALT

C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu M. *Der Einfluss des Bergbaus auf die Umwelt und die Wiedergabe der abgebauten Gelände zum Wirtschaftskreis (II)*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.693.25 : 621.789

Stăicuş, I., Terheci, E. *Verkippungstechnologie mit einem Absetzer mit einem Ausleger von 170 m gekoppelt mit einem Bagger*

Vorgestellt wird eine Verkippungstechnologie von dem Tagebau Lupoaia, welche das Verkippunngskomplex mit Übergabe, bestehend aus einem Absetzer mit einem Übergabeausleger von 170 m und einem Schaufelradbagger, anwendet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.233 : 622.24.05 : 629.114.2

Muste, I. *Drehbohranlage für horizontale und wenig geneigte Behrungen*

Vorgestellt werden eine auf ein gelenktes Fahrgestell montierte Drehbohranlage für horizontale und wenig geneigte Bohrungen, die Arbeitstechnologie, die Betriebsparameter, das Anwendungsgebiet und ihre Vorteile.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.25.001.5

Creţu, I., Mehrdad Vahedi *Theoretische und experimentelle Forschungen über die Schwerkraftdränage des Erdöls*

Überprüft werden die Eigenschaften der Einschätzungsmodelle der Performanz der Schwerkraftdränage sowie die Korrelierung der Versuchsergebnisse mit der errechneten Performanz der Dränage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Die Grundlagen des Explosionsschutzes und die Zonierung der explosionsgefährdeten Medien* (II)

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.4.001.1

Manolescu, G. *Über die mangelnden Standsicherheit der Menisken zwischen zwei unmischbaren Zonen im Laufe der Ablagerung der Kohlenwasserstoffe*

Auf Grundlage der mikroskopischen Überprüfung der Verdrängung einer wässrigen Phase durch eine wandernde ölige Phase, bei der Eindrängung in das Sammelgestein, wurde die relative Standsicherheit von zwei Formen von Menisken verglichen : zylindrischer Meniskus und Meniskus aus Kugelkappen. Die Schlussfolgerung ist dass sowohl im Falle des zylindrischen Meniskus, als auch im Falle der schwankenden Öffnungskanälen, die Pfropfenfolgen zur Bildung von kapillaren Druckgradienten führen ,welche die Strömung blockieren, in dem sie der Eindrängungsbereich des Erdöls in die Lagerstätte begrenzen. Bei der Förderung verursacht dieselbe Wirkung wesentliche Strömungsverlusste, was zu Verlussten in den förderbaren Reserven führt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. et al. *Über die chemisch — mineralogische Zusammenstellung der Zinerite aus dem Horizont der unteren Dysodilen und aus dem unteren Horizont Kliwa der Antiklinalnase Văleni und einige Genesisannahmen*

Der Beitrag stellt die stratigraphische Anordnung der verschiedenen zineritischen Stoffebenen aus den Horizonten der unteren Dysodilen und Kliwa der Antiklinalnase von der Einheit Tarcău der östlichen Karpathen zusammen mit der chemisch — mineralo — gischen Analyse, vor. Ausgezeichnet werden auch die paroxistischen Perioden und die sauere Art des Vulkanismus. Es werden auch einige Genesisannahmen gemacht.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

## SOMMAIRE

C.Z. 622.85 : 622.883

Fodor, D., Georgescu, M. *L'influence de l'industrie minière sur le milieu entourant et la restitution des terrains dégradés dans le circuit économique* (II)

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.693.25 : 621.879

Stăicuş, I., Terheci, E. *La technologie de haldage avec la machine à halder avec un bras de 170 m longueur couplé à un excavateur*

On présente une technologie de haldage à la carrière Lupoaia, qui utilise le complèxe de haldage avec transbordement, formé d'une machine à halder avec un bras de déversement avec une longueur de 170 m et un excavateur à roue.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.233 : 622.24.05 : 629.114.2

Muste, I. *Foreuse rotative pour la perforation destrous horizontaux et à faible inclinaison*

On présente une foreuse rotative pour la perforation des trous horizontaux à faible inclinaison, montée sur un tracteur articulé, la technologie de travail, les paramètres fonctionnaux, le domaine d'utilisation et les avantages de celle-ci.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.25.001.5

Creţu, I., Mehrdad Vahedi *Recherches théoriques et experimentale concernant le drainage gravitationel du pétrole*

On analyse les particularités des modèles de l'estimation de la performance du drainage gravitationel, de même que la correlation des résultats experimentaux avec la performance du drainage obtenu à l'aide des calculs.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Les fondaments de la protéction antiexplosive et la détection des milieux avec danger d'explosion (II)*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

C.Z. 622.276.4.001.1

Manolescu, G. *Sur l'instabilité des ménisques entre deux zones immiscibles pendant la mise en gisement des hydrocarbures*

En analysant à échelle microscopique le déplacement d'une phase aqueuse vers une phase huileuse en migration dans le point de pénétration dans la roche collectrice, on compare la

stabilité relative de deux formes de ménisques : ménisque cylindrique et ménisque sphérique. La conséquence est que dans le cas du modèle cylindrique, de même que dans le cas des canaux d'ouverture varié les succésions de bouchons mènent vers des gradients capilaires de pression qui bloquent l'écoulement, limitant la zone de pénétration du pétrole dans le gisement. Dans le cas du processus d'éxtraction, le même effet introduit des obstacles à l'écoulement, ce qui mène à des pertes de productivité journalières, mais aussi à des pertes des réserves extractibles.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

CZ. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. et al. *Sur la composition chimique-minéralogique des cinérites de l'horizon des Dysodiles inférieures et l'horizon Kliwa inférieur de l'Épi de Văleni et quelques suppositions de génèse*

L'ouvrage présente le disposition stratigraphique des niveaux de matériel cinéritique des horizons des Dysodiles inféreures et Kliwa inférieur de l'Épi de Văleni du l'unité de Tarcău des Carpathes Orientales associé avec l'analyse chimque-minéralogique. On met en évidence de même, les péricdes de paroxysme et la nature acide du volcanisme. On fait encore d'autres suppositions de génèse.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 8, 1989

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti.

Grafica : A. Socaciu

**Preţul : 13 lei/exemplar**

c. 1401

43 103

# *Cinstire muncii*

Sub preşedinţia tovarăşului **Nicolae Ceauşescu**, secretar general al Partidului Comunist Român, preşedintele Republicii Socialiste România, preşedintele Consiliului Naţional al Oamenilor Muncii, miercuri 12 iulie au început lucrările Plenarei Consiliului Naţional al Oamenilor Muncii.

Înainte de a se trece la dezbaterea problemelor înscrise pe ordinea de zi, a avut loc festivitatea de înmînare de către tovarăşul **Nicolae Ceauşescu** a unor distincţii ale Republicii Socialiste România, conferite prin Decret prezidenţial, unor organizaţii judeţene de partid, consilii populare judeţene, întreprinderi şi institute de cercetare.

**„Erou al Muncii Socialiste":**

1. Minei Baia Sprie, judeţul Maramureş;
2. Intreprinderii metalelorr are Bucureşti.

**„Ordinul Muncii" clasa I, pentru locul I:**

1. Intreprinderii miniere Căpeni, judeţul Covasna;
2. Intreprinderii miniere Lonea, judeţul Hunedoara;
3. Intreprinderii miniere Pinoasa, judeţul Gorj;
4. Minei Fundu Moldovei, judeţul Suceava;
5. Combinatului minier Ploieşti, judeţul Prahova;
6. Schelei de producţie gaze naturale Mediaş, judeţul Sibiu;
7. Schelei de producţie petrolieră Berca, judeţul Buzău;
8. Schelei de foraj Melineşti, judeţul Dolj;
9. Intreprinderii de prospecţiuni şi explorări geologice Harghita;
10. Intreprinderii antrepriză de construcţii şi montaje miniere Rovinari, judeţul Gorj.

**„Ordinul Muncii" clasa a II-a, pentru locul II:**

1. Intreprinderii miniere Sălaj, judeţul Sălaj;
2. Intreprinderii miniere Lupoaia, judeţul Gorj;
3. Minei Deva, judeţul Hunedoara;
4. Centralei Sării şi Nemetaliferelor Bucureşti;
5. Schelei de producţie gaze naturale Ploieşti, judeţul Prahova;
6. Schelei de foraj Scăieni, judeţul Prahova;
7. Schelei de foraj Tg. Ocna, judeţul Bacău;
8. Intreprinderii de prospecţiuni şi explorări geologice Suceava.

**„Ordinul Muncii" clasa a III-a, pentru locul III:**

1. Intreprinderii miniere Voivozi, judeţul Bihor;
2. Intreprinderii miniere Horezu, judeţul Vîlcea;
3. Minei Coranda-Certej, judeţul Hunedoara;
4. Centralei Minereurilor Baia Mare;
5. Combinatului minier Gura Humorului, judeţul Suceava;
6. Intreprinderii de utilaj minier Rogojelu, judeţul Gorj;
7. Schelei de producţie petrolieră Videle, judeţul Teleorman;
8. Schelei de foraj Moreni, judeţul Dîmboviţa;
9. Intreprinderii de prospecţiuni geologice şi geofizice Bucureşti.

**Ordinul „Meritul Ştiinţific" clasa a III-a, pentru locul III:**

1. Institutului de cercetări, inginerie tehnologică şi proiectări pentru minereuri neferoase Baia Mare, judeţul Maramureş.

În cuvîntarea rostită la încheierea lucrărilor plenarei, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu** a spus: *„Aş dori să atrag atenţia ministerelor, centralelor, conducerilor întreprinderilor că trebuie să asigure înfăptuirea neabătută a măsurilor şi programelor stabilite, pentru a asigura ţării mai mult cărbune, mai mult petrol, mai multă energie, mai multe alte materii prime şi materiale — aceasta constituind o necesitate şi o cerinţă vitală pentru buna desfăşurare a întregii activităţi. În calitate de proprietari, toţi oamenii muncii trebuie să se angajeze cu toate forţele în înfăptuirea acestor sarcini de importanţă deosebită."*

Conferirea acestor înalte titluri şi ordine ilustrează aprecierea deosebită acordată de conducerea partidului şi statului, personal de tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**, activităţii pe care oamenii muncii, întregul nostru popor, o consacră cu dăruire, abnegaţie şi elan revoluţionar îndeplinirii exemplare a planurilor şi programelor de dezvoltare economico-socială a ţării, înfloririi necontenite a patriei noastre socialiste.

# Influența industriei miniere asupra mediului înconjurător și redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (II)

Prof. dr. ing. **D. Fodor**
conf. dr. ing. **M. Georgescu**
Institutul de Mine Petroșani

## IV. Redarea în circuitul economic a terenurilor degradate în urma exploatării

Redarea în circuitul economic a terenurilor degradate în urma exploatării miniere reprezintă un complex de măsuri și lucrări ce se realizează pentru transformarea acestor suprafețe în zone productive pentru agricultură, silvicultură, piscicultură sau pentru crearea unor spații de odihnă și agrement. Această activitate trebuie să constituie o preocupare de maximă importanță a specialiștilor și impune o colaborare strînsă între un număr mare de discipline științifice și tehnice.

Mineritului în carieră, spre deosebire de cel subteran, i se oferă posibilități de ameliorare a mediului înconjurător, în special prin amenajarea și integrarea optimă a haldelor de steril în peisajul zonal și prin redarea suprafețelor acestora în circuitul economic.

În vederea realizării acestui lucru se impune efectuarea unei reamenajări miniere a haldelor de steril și, apoi, a unei reamenajări (recultivări) biologice a terenurilor de pe aceste halde.

● Reamenajarea minieră impune parcurgerea mai multor etape tehnologice, și anume: recuperarea și conservarea solului vegetal; construirea haldelor; nivelarea suprafeței haldelor; depunerea solului vegetal pe suprafețele nivelate și ameliorarea terenurilor de pe halde.

● Reamenajarea (recultivarea) biologică constituie acțiunea de reconstituire a capacității utile sau de producție a solurilor prin tratamente tehnice și biologice, de aceasta preocupîndu-se, în primul rînd, agricultura și silvicultura.

1. *Recuperarea și conservarea solului vegetal*

Acestea sînt activități obligatorii pentru unitățile miniere, acordîndu-li-se o importanță deosebită începînd cu stabilirea grosimii solului și continuînd cu excavarea, transportul, depozitarea și conservarea acestuia.

Determinarea grosimii solului vegetal, în vederea stabilirii procedeului de îndepărtare a lui, se realizează prin executarea de foraje manuale, șanțuri, gropi sau puțuri la distanțe de aproximativ 100 m unul față de altul, rezultatele trecîndu-se apoi pe hărțile topografice și pe secțiunile întocmite pe baza lucrărilor executate.

Excavarea, transportul și depozitarea solului vegetal se pot realiza fie înainte de a începe lucrările de descopertare, fie în timp ce se face descopertarea și chiar simultan cu exploatarea în carieră.

● În primul caz, funcție de grosimea stratului vegetal, se utilizează diferite tehnologii de lucru.

În situația cînd grosimea este sub un metru, s-a constatat a fi eficientă excavarea solului vegetal cu buldozere și screpere pe roți, adunîndu-se în grămezi mari, de unde, cu excavatoarele cu lopată mecanică și transport auto (sau pe cale ferată), se depune fie pe suprafețele pregătite pentru redarea în circuitul agricol, fie în depozite separate din apropierea haldelor.

Dacă grosimea solului vegetal este mai mare, atunci excavarea se poate face cu excavatoare cu lopată mecanică și transport auto (fig. 3) sau cu excavatoare cu rotor și transport cu benzi (fig. 4).

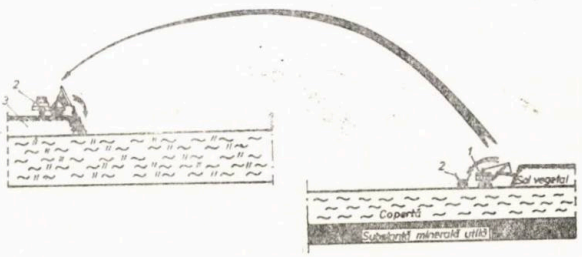



Fig. 3. Extragerea solului vegetal cu excavatoare cu lopată mecanică și transportul auto al acestuia într-un depozit pentru conservare: *1* — excavator cu lopată mecanică; *2* — autobasculantă; *3* — depozit de conservare pentru solul vegetal.

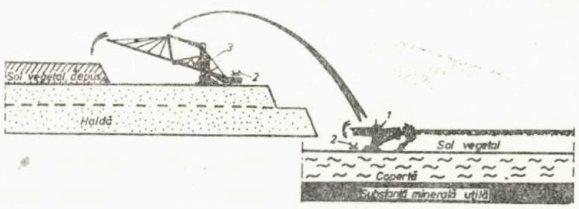



Fig. 4. Extragerea solului vegetal cu excavatoare cu rotor, transportul pe benzi și depunerea cu transbordoare cu braț în consolă pe o haldă amenajată pentru recultivare:
*1* — excavator cu rotor; *2* — bandă transportoare; *3* — transbordor cu braț în consolă.

● Cel de-al doilea caz, cînd îndepărtarea solului vegetal are loc o dată cu descopertarea și extragerea, este mai frecvent întîlnit și se realizează fie în flux independent de cel al carierei

(fig. 5), fie urmează parțial fluxul tehnologic al acesteia.

O largă aplicare o are procedeul cu extragerea solului vegetal concomitent cu descopertarea, prin utilizarea parțială a aceluiași flux tehnologic la ambele activități.

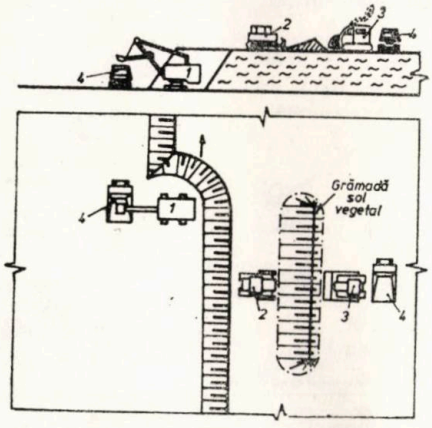



Fig. 5. Extragerea și transportul solului vegetal independent de fluxul de la descopertarea propriu-zisă a carierei :
*1* — excavator cu lopată mecanică ; *2* — buldozer ; *3* — încărcător ; *4* — autobasculantă.

În cele ce urmează se vor da cîteva variante posibil de aplicat în practică.

Astfel, în figura 6 se prezintă o schemă de îndepărtare a solului vegetal cu ajutorul buldozerului, care lucrează paralel cu direcția treptei de steril de la copertă, apoi îl deversează pe

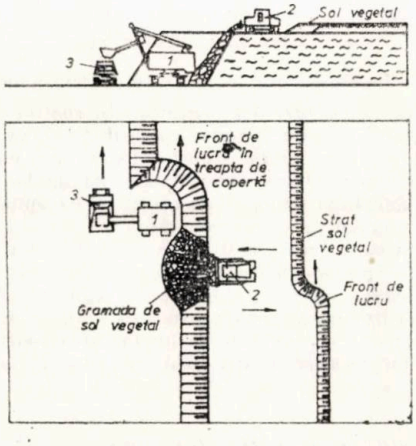



Fig. 6. Extragerea și transportul solului vegetal cu utilizarea parțială a fluxului tehnologic de la descopertarea propriu-zisă a carierei : *1* — excavator cu lopată mecanică ; *2* — buldozer ; *3* — autobasculantă.

taluzul acestei trepte, de unde este încărcat într-un vas de transport de același excavator, care lucrează și în treapta de la descopertă. Pot fi folosite, desigur, și alte mijloace de transport (de ex. vagoane de cale ferată).

Dacă la lucrările de descopertare se utilizează o draglină, atunci aceasta, în avans, extrage solul vegetal și îl depune în grămezi de-a lungul traseului de transport ; de aici, ulterior îl încarcă în mijlocul de transport folosit în carieră (fig. 7). Dezavantajul acestei scheme tehnologice constă în aceea că grosimea solului vegetal trebuie să fie mai mare de 0,5 m.

În cazul cînd tehnologia de lucru în carieră este în flux continuu, atunci solul vegetal este excavat selectiv, fiind preluat apoi de pe banda de front, de benzi colectoare și mai departe de instalații de haldare, care-l depun într-un depozit (fig. 8).

Depozitarea solului vegetal în depozite separate, amplasate în apropierea haldelor, trebuie realizată astfel încît să se respecte următoarele

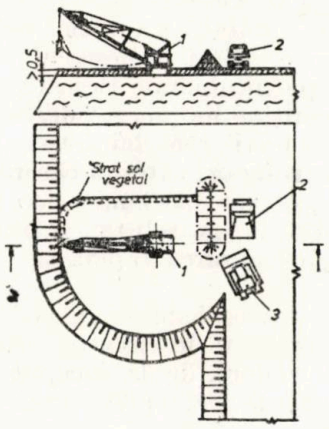



Fig. 7. Extragerea și transportul solului vegetal cu utilizarea în totalitate a fluxului tehnologic de la descopertarea propriu-zisă a carierei :
*1* — draglină ; *2* — autobasculantă ; *3* — încărcător.

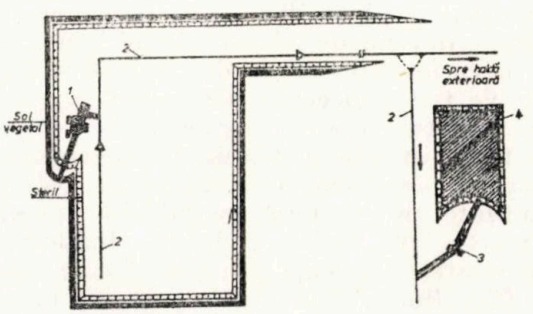



Fig. 8. Extragerea selectivă și transportul solului vegetal cu benzi transportoare în depozit ;
*1* — excavator cu rotor ; *2* — benzi transportoare ; *3* — instalație de depunere a solului vegetal ; *4* — depozit de sol vegetal.

condiții : terenul ocupat să fie cît mai redus și neproductiv din punct de vedere agricol ; amplasamentul să fie cît mai aproape de locul de folosire pentru reducerea cheltuielilor de transport ; precipitațiile atmosferice să nu-l degradeze, impurifice, împrăștie sau altereze prin depunerea de substanțe nocive, sărăturare, acidulare etc. ; depunerea să se facă în trepte mici și să se asigure o comportare și nivelare continuă pe toată durata acesteia.

Depozitele de sol fertil trebuie conservate pentru anumite perioade de timp, determinate de duratele de atingere a cotelor defintive în halde, care, la rîndul lor, depind de volumul de steril ce se depune și de tehnologia aplicată. Conservarea lor constă într-o serie de amenajări, cum ar fi nivelarea, crearea de pante de scurgere și drenuri, respectîndu-se regulile de la construirea haldelor de steril. De asemenea, pe perioada depozitării se poate semăna iarbă (înierbare) sau cereale.

### 2. *Construirea haldelor de steril*

Haldele, în general, sînt formate din roci eterogene lipsite de substanțe trofice necesare creșterii și dezvoltării plantelor și deci ele nu pot fi socotite soluri. Amestecul de roci din haldă, cu o permeabilitate ridicată pentru apă și aer, mai conține un procent destul de ridicat de carbon, sol fertil, rădăcini și resturi de plante în curs de putrefacție, datorită cărora, printr-un complex de procese biochimice, se poate acumula un minim de substanțe humice, fapt ce permite instaurarea rapidă a florei spontane.

Pentru pregătirea haldelor în vederea redării suprafețelor acestora în circuitul economic trebuie avut în vedere, de la început, modul de formare a lor, deci stabilită corect tehnologia de depunere.

Pentru ca volumul de lucrări necesare formării haldelor să fie cît mai redus, se impune respectarea cotelor și a unghiurilor de taluz prevăzute în monografiile de lucru elaborate în acest scop.

În cazul exploatărilor la zi, tehnologiile de depunere depind de tehnologiile de lucru folosite în cariere (metodele de exploatare), proprietățile fizico-mecanice ale rocilor ce se haldează, relieful suprafeței unde se face depunerea, felul utilajului folosit la descopertare, transport, depunere etc. Lucrările, complet mecanizate, pentru formarea haldelor în cariere utilizează: plugurile de haldă, buldozerele, excavatoarele cu cupe multiple fixate pe un lanț fără fine și transbordoarele cu braț în consolă, în cazul construirii haldelor în înălțime. Sterilul este transportat în halde pe cale ferată, auto, cu screpere, cu funicularul, cu benzi transportoare montate pe sol sau pe poduri transbordoare.

Sterilul rezultat din exploatările subterane este transportat la suprafață și depus în halde, care, după felul transportului folosit, pot fi: conice (transport cu schipuri sau vagonete), alungite sau sub formă de sectoare (transport cu funicular), în felii orizontale și sub formă de umpluturi ale versanților dealurilor sau văilor în regiunile cu relief accidentat (transport cu locomotivă și vagonete și mai rar auto).

În figura 9 sînt prezentate cele mai frecvente metode folosite pentru formarea haldelor în industria minieră.

Această mare diversitate de procedee de haldare influențează asupra geometriei inițiale a treptelor de haldă și, în final, asupra soluțiilor privind amenajarea lor în vederea redării în circuitul economic.

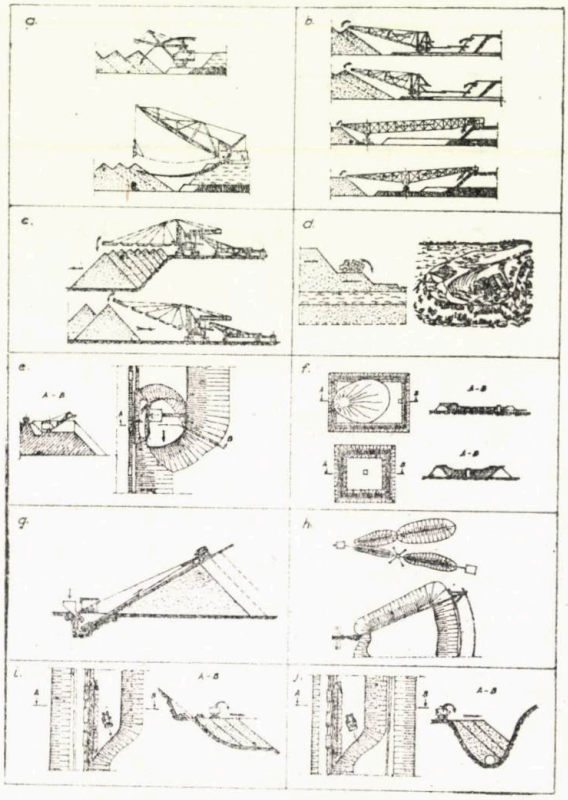


Fig. 9. Formarea haldelor în industria minieră:
*a* — prin depunerea directă a sterilului în spațiul exploatat; *b* — cu ajutorul transbordoarelor cu braț în consolă de mari dimensiuni și al podurilor transbordoare; *c* — cu ajutorul mașinilor de haldat care vehiculează pe haldă; *d* — prin deversare directă din mijlocul de transport (se aplică în cazul transportului auto); *e* — cu excavatoare cu lopată mecanică (se aplică în cazul transportului pe calea ferată a sterilului la haldă); *f* — prin hidromecanizare; *g* — haldă conică (transportul sterilului se face cu schip sau cu vagonete); *h* — haldă sub formă de fîșie sau sector (transportul sterilului se face cu funicularul); *i* — pe versanții dealurilor (transportul sterilului se face pe calea ferată sau auto); *j* — în văi (transportul sterilului se face pe cale ferată sau cu mijloace auto).

### 3. *Nivelarea suprafețelor haldelor*

Nivelarea trebuie să creeze condițiile necesare regenerării fertilității solului și culturii plantelor sau condiții pentru scopuri constructive, această activitate intrînd în obligația unităților miniere.

Lucrările de nivelare vor începe imediat ce halda prezintă o stabilitate suficientă pentru a se putea lucra în condiții de deplină securitate. Durata de așteptare de la depunere la nivelare depinde de mulți factori, fiind influențată în special de tehnologia de haldare aplicată

(cu transbordor cu braţ în consolă, pod transbordor, auto, plug, screpere etc.) şi de elementele ei geometrice.

Astfel, în cazul formării haldelor cu transbordorul cu braţ în consolă sau cu podul transbordor, nivelarea se poate face chiar în timpul construirii lor. Dacă halda va fi redată, însă, circuitului agricol, atunci nivelarea este bine să se facă după 2—3 ani de la depunere, timp în care materialul se tasează natural.

Nivelarea terenului se face longitudinal şi, uneori, şi transversal, realizîndu-se în două etape distincte. La început, după depunerea materialului în haldă, în cadrul lucrărilor de amenajare se execută o nivelare capitală unde se admit toleranţe de ±10 cm faţă de planul de referinţă. Apoi, în cadrul activităţii de producţie a unităţilor agricole se efectuează lucrări de nivelare de exploatare, în scopul menţinerii condiţiilor realizate prin nivelarea capitală.

Planarea haldelor se realizează cu buldozere, iar pentru scurgerea apei trebuie să se asigure pante de 2—3% (max. 5%) spre drenurile marginale ale haldei şi unghiuri de taluz de la 1 : 1,25 pînă la 1 : 4 la o haldă cu înălţimea pînă la 40 m. În cazul cînd halda va fi recultivată agricol înălţimea treptelor haldei trebuie să fie mai mică de 20 m.

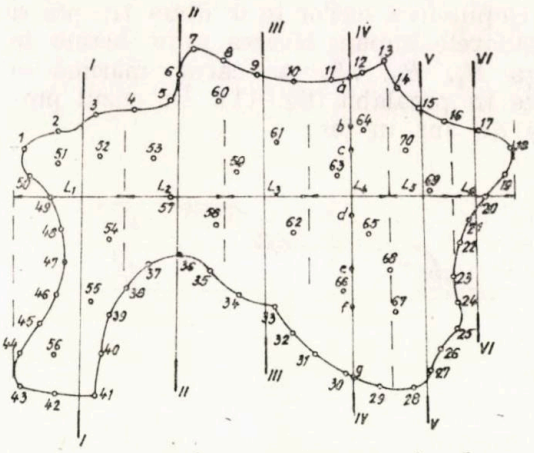
În vederea stabilirii corecte a volumului lucrărilor de nivelare se face o ridicare topografică (planimetrare şi nivelment) a suprafeţei haldei ce urmează a fi recultivată biologic.

Perimetrul haldei, cît şi interiorul acesteia se pichetează (cu ţăruşi), fiecare reper avînd o cotă bine stabilită. Pe planul de situaţie astfel alcătuit se execută profile verticale la distanţe corespunzătoare unor erori minime privind evaluarea volumelor de roci ce trebuie să fie apoi vehiculate prin nivelarea suprafeţei haldei. Pe aceste profile se trasează şi suprafaţa proiectată a haldei după nivelare. Se evidenţiază, astfel, felul lucrărilor ce se vor executa (rambleiere, debleiere) şi se calculează volumul acestor lucrări. În figura 10 se prezintă un astfel de calcul corespunzător profilului IV—IV. Evident, pentru evaluarea volumului total de roci ce se vor mişca pe întreaga suprafaţă a haldei, se vor face calcule asemănătoare pentru toate profilele.

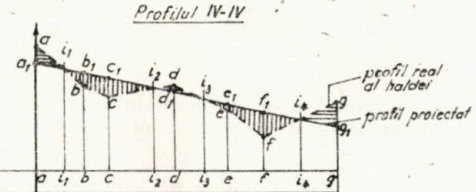
O dată cu nivelarea haldei se face şi amenajarea suprafeţelor taluzurilor conform monografiilor elaborate în acest sens.

Retaluzarea treptelor în vederea trecerii la recultivarea haldei se realizează prin două procedee: de sus în jos şi de jos în sus.

Primul procedeu constă în deplasarea în jos pe taluz a rocilor din crestele treptelor, necesitînd suprafeţe de teren mai mari pentru a se putea înmagazina întregul volum de roci haldat iniţial. Se utilizează, în acest scop, dra-



Profilul IV-IV




| Nr. punctului | | a | $l_1$ | b | c | $l_2$ | d | $l_3$ | e | f | $l_4$ | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distanţa (m) | parţială | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_4$ | $d_5$ | $d_6$ | $d_7$ | $d_8$ | $d_9$ | $d_{10}$ | |
| | cumulată | $d_1$ | $d_1+d_2$ | ---------- | | | | | | | $\sum_1^{10} d_i$ | |
| Cotă teren | | $V_1$ | $h_{i_1}$ | $h_2$ | $h_3$ | $h_{i_2}$ | $h_4$ | $h_{i_3}$ | $h_5$ | $h_6$ | $h_{i_4}$ | $h_7$ |
| Cotă proiectată | | $h_1$ | $h_{i_1}$ | $h_2$ | $h_3$ | $h_{i_2}$ | $h_4$ | $h_{i_3}$ | $h_5$ | $h_6$ | $h_{i_4}$ | $h_7$ |
| Diferenţă: cotă proiectată-cotă teren | | $-\Delta h_1$ | 0 | $+\Delta h_2$ | $+\Delta h_3$ | 0 | $-\Delta h_4$ | 0 | $+\Delta h_5$ | $+\Delta h_6$ | 0 | $-\Delta h_7$ |
| Secţiunea în punct corespunzătoare distanţei $L_k(\pm S_i \pm \Delta h_i; L_k)$ | | $-S_1$ | 0 | $+S_2$ | $+S_3$ | 0 | $-S_4$ | 0 | $+S_5$ | $+S_6$ | 0 | $-S_7$ |
| Volumul (m³) | parţial | $-V_1$ | $+V_2$ | $+V_3$ | $+V_4$ | $-V_5$ | $-V_6$ | $+V_7$ | $+V_8$ | $+V_9$ | $-V_{10}$ | |
| | cumulat | $\pm \sum_1^{10} V_i$ | | | | | | | | | | |

*) Volumele parţiale se obţin cu relaţia: $\pm V_i = \pm S_i \cdot d_i$. Semnul „+" reprezintă lucrări de umpluturi (rambleere) iar semnul „–" lucrări de excavare (debleere).

Fig. 10. Situaţia unei halde care se va amenaja: *a* — plan de situaţie; *b* — profil vertical executat prin haldă; *1—70* repere (ţăruşi) amplasate pe conturul şi în interiorul haldei.

glinele, excavatoarele cu lopată mecanică cu parametri de lucru mari, dar frecvent este folosit buldozerul.

Dacă procedeul de sus în jos nu se poate aplica din cauza lipsei unei suprafeţe plane pe care să poată vehicula utilajul, atunci se apelează la procedeul de jos în sus, cînd rocile din partea inferioară a taluzului sînt împinse spre partea superioară a haldei, volumul lucrărilor de reutilizare crescînd de cîteva ori în raport cu primul procedeu.

În cazul cînd depunerea rocilor în haldă s-a făcut în mai multe trepte de înălţimi mari este obligatorie crearea de berme de siguranţă sau terase, cărora, pentru evitarea erodărilor, li se va da o pantă transversală de 1,5—2° spre terasa superioară şi o lăţime *b* în funcţie de soluţia de recultivare aleasă.

Pentru haldele aflate în formare, se impune o anumită organizare a activităţilor. Astfel, după terminarea depunerii rocilor în prima treaptă de haldă se va face retaluzarea la unghiul impus de metoda de recultivare biologică

aleasă. Depunerea rocilor în a doua treaptă și în următoarele impune lăsarea unor berme de siguranță $B_1$, $B_2 \ldots B_n$ a căror mărime se stabilește în prealabil (fig. 11). În cazul procedeului de sus în jos:

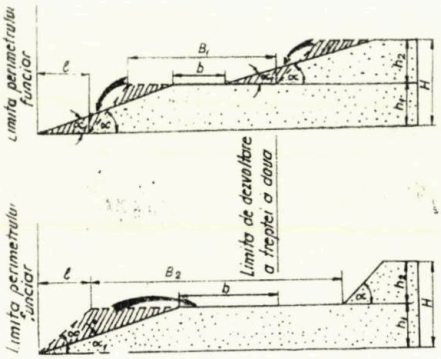



Fig. 11. Schema tehnologică de retaluzare a treptelor de haldă: *a* — procedeul de sus în jos; *b* — procedeul de jos în sus.

$$B_1 = b + 2l,$$

iar în al celui de jos în sus:

$$B_2 = b + 3l.$$

În figura 12 sînt date două exemple concrete de realizare a retaluzării prin procedeul de sus în jos. Se observă că, pe măsură ce se formează o nouă treaptă, între acestea se lasă cîte o bermă (terasă) cu o lățime de cel puțin 10 m.

Cînd treptele de haldă sînt de înălțimi mari, atunci se impune împărțirea acestora în subtrepte prin crearea de terase (fig. 13). La o

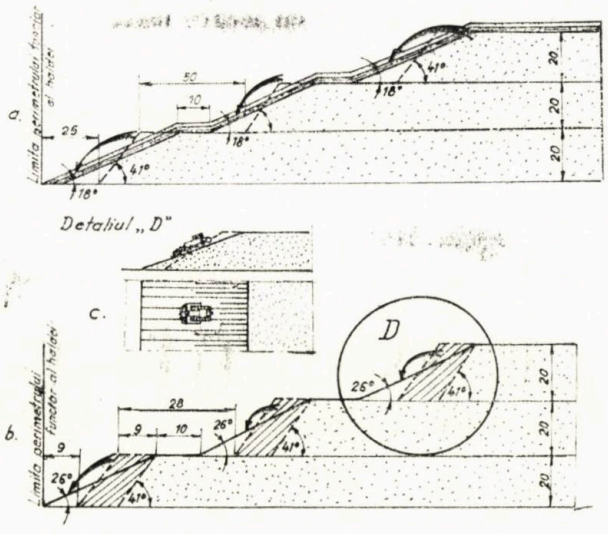



Fig. 12. Retaluzarea treptelor prin deplasarea materialului de sus în jos:

*a* — retaluzarea la un unghi de 18°; *b* — retaluzarea la un unghi de 26°; *c* — folosirea buldozerului pentru retaluzarea treptelor de haldă.

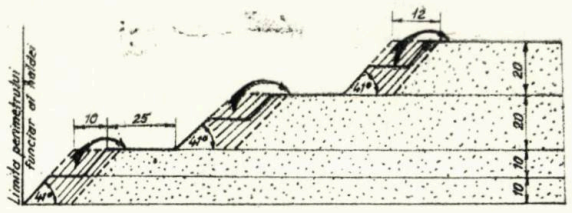


Fig. 13. Schema tehnologică de creare a teraselor în cazul treptelor înalte prin metoda de jos în sus.

astfel de tehnologie lipsește retaluzarea, care va reduce considerabil volumul lucrărilor de amenajare și, totodată, nu mai sînt necesare suprafețele libere pentru înmagazinarea rocilor sterile.

În cazul haldelor vechi retaluzarea și terasarea lor, în cele mai multe cazuri, duc la volume mari de lucrări. De aceea este necesară stabilirea acestor lucrări pentru fiecare caz în parte. În figura 14 este redată o astfel de tehnologie.

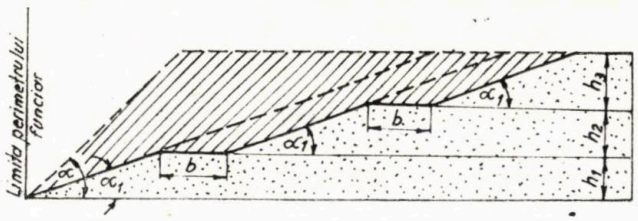



Fig. 14. Schema tehnologică de terasare și retaluzare a unei halde vechi; porțiunea haşurată — material excavat și transportat.

Pe taluzuri și pe terase se execută șanțuri de drenare a apei, ce se dirijează spre bazinele de colectare cărora li se dă o utilizare piscicolă sau pentru agrement. Tot în aceste bazine se depozitează și apele provenite de la asecare.

După nivelare, în vederea determinării corecte a cantității de sol vegetal, ce trebuie depus, se face o cartare agrochimică pentru a se stabili o hartă de structuri, precum și distribuția pe orizontală a substanțelor nutritive.

4. *Depunerea solului vegetal pe suprafețele nivelate*

Suprafețele utile, în special pentru agricultură, trebuie să aibă o adîncime de 50—100 cm, o structură argiloasă sau nisipo-argiloasă, cu circa 15% argilă, materiale capabile să rețină umiditatea și să aibă permeabilitatea pentru apă și aer, precum și o bună capacitate de adsorbție, bine aprovizionate cu P, K, Ca, S, Mg fără să conțină, însă, substanțe nocive. Aciditatea acestui sol trebuie să fie favorabilă dezvoltării plantelor, întrucît între aciditate și producția obținută există o legătură directă.

În cazul redării terenurilor pentru agricultură, pe halda nivelată se depune un strat de pămînt vegetal cu grosimea de 0,8—1,5 m.

Depunerea pămîntului vegetal pe suprafața haldei se realizează în flux independent de cel al carierei, pentru aceasta folosindu-se : un excavator cu rotor și un transbordor cu bandă de capacitate mică, o linie de benzi transportoare (fig. 15) sau screpere, excavatoare cu acțiune intermitentă, garnituri de tren, autovehicule și buldozere. În condiții favorabile se poate folosi o tehnologie diferită de cea mecanică, și anume extragerea, transportul și depunerea hidraulică a solului vegetal (fig. 16).

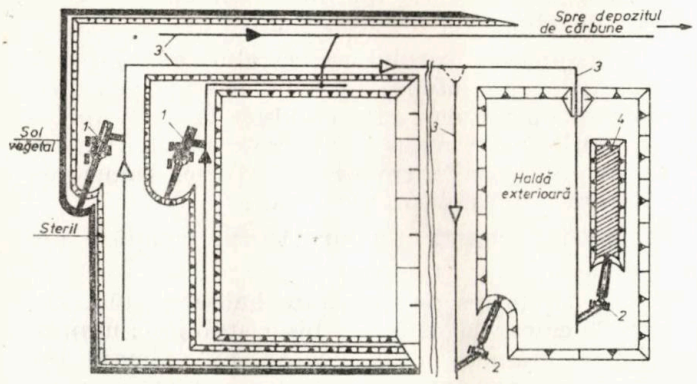



Fig. 15. Depunerea mecanică a solului vegetal printr-o tehnologie în flux continuu :
*1* — excavator cu rotor ; *2* — transbordor cu braț în consolă ; *3* — benzi transportoare ; *4* — sol vegetal.

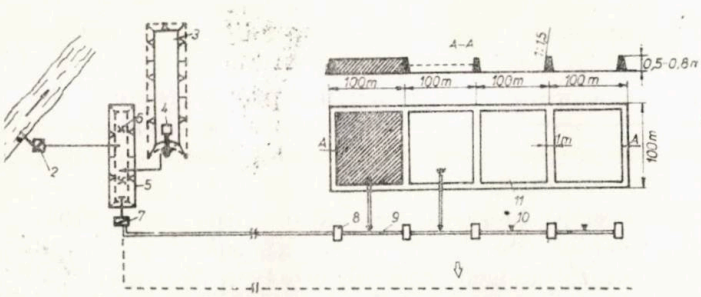



Fig. 16. Depunerea hidraulică a solului vegetal :
*1* — sursă de apă ; *2* — stația de pompare a apei curate ; *3* — depozit de sol vegetal ; *4* — utilaj de încărcare ; *5* — bazin (tranșee de amestec) ; *6* — agitator ; *7* — pompă de noroi ; *8* — sanie ; *9* — conductă ripabilă ; *10* — ștuțuri de cuplare ; *11* — sectoare (cuve) amenajate pe suprafața haldei.

Pămîntul vegetal este depus în straturi cu grosimea medie de 40—50 cm cu unul din utilajele aflate în dotare, pe întreaga suprafață a haldei. După fiecare depunere se face nivelarea cu buldozere și apoi scarificarea, cel puțin o dată, după două direcții perpendiculare, pentru a îndepărta bolovănișul sau alte corpuri străine.

După așezarea solului vegetal pe întreaga grosime necesară condițiilor date, se execută drenurile de apă la panta de 2—3%.

Depunerea hidraulică este utilizată în cazul cînd distanțele de la depozitele de sol vegetal la halde sînt mari. Pentru aceasta este necesar ca în imediata apropiere a depozitului de sol vegetal să se construiască bazine sau tranșee simplu amenajate, în care solul vegetal adus din depozit se amestecă cu apa pompată de la o sursă de apă (rîu, lac de acumulare, bazin de apă etc.), în raport de 1 : 6 (solid : apă) la începutul depunerii, iar apoi în raport de 1 : 1. Tulbureala obținută se trimite cu ajutorul unor pompe de noroi și prin intermediul unor conducte metalice (Ø 200—300 mm) sau din material plastic (Ø 400—600 mm) pînă la sectorul de haldă care trebuie recultivat. În prealabil, terenul de haldă se împarte în sectoare (cuve de depunere hidraulică) de formă dreptunghiulară cu dimensiuni de 100×100 m (sau chiar mai mari) în care, cu ajutorul pompelor de noroi se depune, apoi, șlamul (tulbureala). Conducta care realizează depunerea în cuve a noroiului este ripabilă în sensul de depunere, iar ultimul tronson de 30—50 m de la deversare este racordat la restul coloanei prin intermediul unei conducte flexibile din cauciuc armat, ceea ce permite o manevrare ușoară, dintr-un sector într-altul.

Tulbureala depusă în cuve este lăsată să se decanteze în straturi succesive cu grosimea de 30—40 cm, apa limpede fiind evacuată cu ajutorul unor sonde inverse și recirculată. După depunerea finală, solul astfel obținut se lasă să se usuce, circa 2 luni, timp în care în condiții meteorologice normale, umiditatea plajei, la adîncimea de 20—30 cm, coboară sub 15—20%. O parte însemnată din suprafața unei cuve este ocupată de zona care rămîne sub apă. Starea de îndesare și umiditate (materialul este în această zonă complet saturat) variază cu adîncimea.

Operațiile menționate se realizează pe rînd în mai multe cuve, astfel că în timp ce într-o cuvă se face depunerea hidraulică, în alta are loc uscarea, iar într-o a treia se poate executa deja prelucrarea terenului prin grăparea și îngrășarea solului, respectiv cuva este pregătită pentru însămînțare.

Metoda cu depunerea hidraulică are mai multe avantaje, printre care : depunerea materialului se face în grosimi constante pe suprafața haldei ; se poate practica pe toată durata anului ; folosește un număr redus de utilaje ; permite luarea terenurilor în balanțele agricole imediat după depunerea șlamului (tulburelii) ; permite efectuarea concomitentă și a ameliorării pămînturilor prin tratarea șlamului cu anumiți compuși chimici sau organici.

### 5. *Ameliorarea terenurilor de pe halde*

Aceasta se face în scopul îmbunătățirii acidității solului haldat. Ameliorarea, în complexul măsurilor ce se întreprind pentru refertilizarea terenurilor, are un rol foarte important, deoarece influențează direct asupra producției

ulterioare ce se obţine pe terenurile respective. Repercusiunile negative ale unei ameliorări necorespunzătoare se pot deduce cu greu, de aceea ea trebuie executată cu multă exigenţă şi după proiecte tehnice.

Tehnologia ameliorării terenurilor va fi specifică fiecărei halde, fiind stabilită pe baza expertizelor geologice şi pedologice prin care se evidenţiază calitatea pămînturilor, felul de recultivare, conţinuturile precise ale substanţelor ameliorative şi culturile ce se pretează pentru fiecare teren în parte.

Ameliorarea terenurilor se poate face cu calciu, cenuşă de cărbune sau fenol conţinut în apele industriale.

a. Ameliorarea terenurilor de pe halde cu calciu

În principiu, aciditatea solului natural şi puterea de absorbţie a apelor de către terenurile virgine trebuie neutralizată, respectiv diminuată, în primul rînd prin calcinare, iar absorbţia asigurată prin baza haldei. O acţiune durabilă îşi atinge scopul numai prin cantităţi mari de calcar (var), adică CaO curat, pentru a se obţine o dizolvare rapidă şi o infiltrare în adîncimea stratelor, o dată cu apele subterane.

Administrarea calciului în terenul de haldă se face în cantităţi indicate în proiect prin dozele prescrise. De regulă, se aplică o doză de 100 t CaO/ha, dar în funcţie de aciditatea solului se pot administra submultipli şi multipli de doză.

Ameliorarea cu calciu constă din următoarele lucrări: transportul varului pe haldă; răspîndirea varului pe haldă; prelucrarea terenului după răspîndirea varului.

● Transportul varului pe haldă se execută mecanizat cu ajutorul trenurilor, benzilor transportoare, autovehiculelor etc., pînă la depozitul de var amplasat pe haldă.

Încărcarea acestuia din depozit în utilajul de răspîndire se face cu încărcătoare cu o cupă.

● Răspîndirea varului pe haldă se poate face, în funcţie de suprafaţă şi de dotare, manual, mecanizat şi cu ajutorul lucrărilor de împuşcare. Atunci cînd suprafaţa haldei supusă ameliorării este foarte mare, răspîndirea varului se realizează şi cu ajutorul elicopterelor sau avioanelor.

Răspîndirea manuală a varului se aplică acolo unde suprafaţa haldei este mică (sub 5 ha) şi după ce terenul a fost nivelat cu ajutorul buldozerelor. Echipa, formată din 2—3 muncitori, împrăştie varul cu ajutorul lopeţilor dintr-o remorcă tractată de un tractor. Lăţimea stratului de var la fiecare trecere este de maximum 4 m, iar timpul necesar pentru încărcare, transport şi răspîndire de pe remorcă este de aproximativ 6 ore.

Deoarece productivitatea metodei este scăzută, costurile ridicate şi calitatea răspîndirii necorespunzătoare, aceasta se foloseşte cu totul izolat.

Răspîndirea mecanizată a varului (calcarului) se poate face cu: un utilaj de împroşcare de tipul D-352, cu rezervoare de 1,2 $m^3$ var, avînd lăţimea de împroşcare de 2,85 m; un utilaj de împroşcare tip D-027 cu trei rezervoare de 1,2 $m^3$ var, avînd lăţimea de împrăştiere de 7,50 m; un utilaj tip MIC-1.

La această metodă timpul necesar pentru ameliorarea unui hectar de haldă, în funcţie de conţinutul de CaO, este de circa cinci ori mai scăzut decît la metoda manuală, iar costul de circa trei ori mai redus.

Răspîndirea varului (calcarului) cu ajutorul lucrărilor de împuşcare este metoda cea mai folosită în prezent, care conduce la un timp de execuţie foarte redus şi un cost scăzut. Pentru a se putea aplica trebuie să se ţină seama de direcţia vîntului predominant.

Metoda constă din următorul complex de operaţii:

— depunerea pe suprafaţa haldei a grămezilor de calcar la distanţe bine stabilite; numărul de grămezi la un hectar, cu volumul pe grămadă de aproximativ 0,5 $m^3CO_3Ca$ este în funcţie de conţinutul de CaO folosit (doza administrată);

— executarea de găuri de mină, în aceste grămezi, în care se introduc cartuşe de exploziv şi se împuşcă cu fitil detonant; sub efectul exploziei, varul este răspîndit pe suprafaţa haldei pe o rază de minimum 15 m;

— umplerea crăpăturilor provocate de explozie, care are loc după ce s-au împuşcat şi împrăştiat cel puţin 70—80 grămezi de calcar pe suprafaţa haldei.

● Prelucrarea terenului după răspîndirea varului constă în arat şi grăpat şi se face în scopul omogenizării solului, respectiv a mărunţirii, afînării şi nivelării arăturii.

b. Ameliorarea terenurilor de pe halde cu cenuşă

Acesta este un alt procedeu de ameliorare care utilizează cenuşile rezultate la arderea în termocentrale a cărbunelui brun sau a lignitului. Cantitatea de cenuşă folosită la ameliorarea haldelor variază în funcţie de natura terenului, ajungînd pînă la maximum 700 $m^3$/ha (600 t/ha).

Transportul şi depozitarea cenuşii de la termocentrală într-un depozit aflat în apropierea haldei se fac mecanic (auto, feroviar) sau hidraulic.

În cazul procedeului mecanic cenuşa din depozit este încărcată şi răspîndită mecanic pe toată suprafaţa haldei, într-un strat de aproximativ 40—50 cm grosime. Răspîndirea cenuşii se face, ca şi în cazul varului, cu utilaje de

împroşcare, după care toate celelalte complexe de operaţii se repetă ca şi la ameliorarea terenurilor cu var.

În cazul procedeului hidraulic se realizează un amestec cenuşă : apă în raport de 1 : 5, care se transportă prin conducte magistrale din oţel, beton armat sau din material plastic, direct pe halda amenajată în acest scop. De regulă, acest procedeu se asociază cu cel folosit la depunerea hidraulică a solului vegetal, astfel încît amenajările necesare vor fi comune. În felul acesta o dată cu fertilizarea solului se realizează şi ameliorarea lui.

La transportul hidraulic se optează pentru conductele din material plastic (Ø 250—300 mm) în locul celor metalice (Ø 500—600 mm), deoarece manipularea acestora este mai uşoară, este eliminată coroziunea, permite şi transportul soluţiilor fierbinţi, frecările sînt mult mai reduse, flexibilitatea conductelor este mult mai mare etc. Nu este considerat un impediment diametrul mai mic al acestor conducte, deoarece pentru menţinerea aceleiaşi viteze se măreşte presiunea.

c. Ameliorarea terenurilor de pe halde cu fenoli

Se foloseşte fenolul, conţinut în apele industriale rezultate din cocserii, în combinaţie cu var îmbunătăţit şi cu sulf din cenuşile zburătoare.

Cantitatea de apă industrială necesară este de circa 7 000 m³ pe an şi ha.

Transportul amestecului rezultat se face hidraulic pe conducte cu Ø 600 mm pînă la un bazin tampon, de unde se depune pe suprafaţa haldei prin stropire.

6. *Recultivarea biologică*

Recultivarea (reamenajarea) biologică este una din principalele soluţii de redare în circuitul economic a suprafeţelor de teren degradate în cursul exploatării miniere, dar în special de exploatările miniere la zi şi urmează după reamenajarea minieră.

Refertilizarea terenurilor degradate în urma extragerii substanţei minerale utile şi a rocilor este dificilă şi trebuie analizată în ansamblu şi de la zonă la zonă climatică şi pedologică, pentru a se putea determina posibilităţile de adaptare a diverselor specii şi soiuri de plante la recultivare, precum şi măsurile ce trebuie luate pentru îmbunătăţirea acestor terenuri.

Proiectele de recultivare trebuie să facă parte integrantă din studiul de exploatare a zăcămintelor şi din preliminariile anuale, unde se stabilesc soluţiile definitive privind suprafeţele de recultivare, terenurile ce se cedează, reconstruirea unor clădiri, drumuri etc.

Recultivarea biologică (refertilizarea) a terenurilor degradate de exploatările miniere şi în special a haldelor comportă : studii de laborator (analize fizico-mecanice asupra terenurilor ce trebuie refertilizate, referitoare la granulozitate, aciditate, permeabilitate, *pH*, conţinut în sulf, fosfor, calciu şi humus); experienţe în vase de vegetaţie (unde se cultivă diverse specii de plante, folosindu-se material din haldă ameliorat şi neameliorat, şi asupra cărora se fac o serie de observaţii fenologice — data răsăritului plantelor, numărul de plante mature, lungimea plantelor la maturitate, întîrzierile în coacere şi atacul diferitelor boli); experimentări în cîmp (care pun în evidenţă dacă materialul din haldele carierelor se pretează sau nu la redarea în circuitul agricol sau forestier). De asemenea, la baza proiectării refertilizării trebuie să stea o serie de studii asupra factorilor naturali.

O analiză a pămînturilor de pe cîteva halde din bazinul carbonifer Rovinari (tab. 3) arată că acestea au un *pH* mult mai ridicat decît al solului natural şi mult mai puţine substanţe nutritive (humus, azot, fosfor), fapt ce influenţează negativ asupra posibilităţilor de refertilizare a haldelor şi de creştere a plantelor.

a. Experienţe pe cîmp privind tehnologiile de recultivare a terenurilor degradate prin exploatările miniere la zi în bazinul Rovinari

Experimentările în cîmp, efectuate pe haldele interioare ale fostelor cariere Balta Unchiaşului şi Cicani, respectiv pe halda exterioară a carierei Tismana, au arătat, în mod indiscutabil, că terenurile haldate se pretează la redarea în mod eficient în circuitul agricol şi pomicol.

● Astfel, pe lotul experimental de pe halda Cicani-Balta Unchiaşului formată din depunerea sterilului extras din carierele din Lunca Jiului şi zonele colinare, în care predomină luturile (argilele) galbene, s-au efectuat patru experienţe cu patru plante de cultură : porumb, grîu, ovăz şi trifoi. Experienţele au fost încadrate într-un asolament (repartizare prin rotaţie a culturilor pe un teren pentru a menţine fertilitatea solului) de patru ani (porumb, grîu, ovăz) şi o solă (teren pe care se realizează un asolament) cu trifoliene, care să contribuie în mai mare măsură la îmbogăţirea cu materie organică şi la structurarea pămînturilor luate în cultură. Fiecare cultură din asolament a fost aşezată după metoda parcelelor subdivizate (cu suprafaţa de 25 m²), luîndu-se în urmărire un singur factor, şi anume fertilizarea cu îngrăşăminte chimice în următoarele trei variante :

*Tabelul 3*

**Valorile medii ale substanțelor nutritive conținute în solul vegetal din cariera Beterega și în materialul haldat în carierele Balta Unchiașului și Cicani**

| Tipul de pămînt și locul de recoltare | Adîncimea probei chimice, cm | *pH* | Conținuturi în: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | calciu, $CO_3Ca$, % | azot, N, % | fosfor, $P_2O_5$, mg/100g pămînt | potasiu, $K_2O$, mg/100g pămînt | humus, % |
| Sol fertil cariera Beterega | 20 | 5,2 | — | 0,133 | 11,60 | 5,85 | 5,00 |
| Halda Balta Unchiașului | 20 | 7,9 | 7,2 | 0,073 | 0,85 | 6,0 | 3,04 |
| Halda Cicani treapta aII-a | 25 | 6,8 | — | 0,162 | 3,20 | 6,8 | 8,76 |
| Halda Cicani treapta a III-a | 30 | 8,2 | 7,7 | 0,046 | 0,45 | 6,5 | 0,44 |

$V_1$: N100 P80 K80, kg/ha;

$V_2$: N200 P160 K160, kg/ha;

$V_3$: N300 P240 K240, kg/ha.

Fosforul și potasiul s-au aplicat sub arătura de bază, iar azotul o jumătate de doză o dată cu pregătirea patului germinativ și cealaltă jumătate primăvara devreme, pentru grîu, la înfrățire, pentru ovăz, și o dată cu prașila întîi, la porumb. La trifoi 1/3 din doza de azot s-a aplicat la însămînțare și cîte 1/3 din doză de azot după fiecare coasă.

Experiențele efectuate au urmărit evoluția tipului de steril sub influența celor patru culturi în rotație, luîndu-se periodic probe pentru determinarea caracteristicilor fizice, chimice și biologice ale acestui sol.

Din analiza rezultatelor s-a constatat că diferențele cele mai mari față de varianta martor (varianta $V_1$) s-au obținut în varianta $V_3$, ele fiind foarte semnificative la grîu, porumb și ovăz și numai semnificative la trifoi.

● Lotul experimental de pe halda exterioară a carierei Tismana a folosit drept sol două tipuri de argile (luturi) pe care s-au experimentat, într-o perioadă de trei ani, patru culturi: grîu, porumb, cartofi și trifoi.

Fiecare experiență a cuprins doi factori.

— Factorul A: tipul de steril cu două gradări: $a_1$ — argilă (lut) galbenă, $a_2$ — argilă (lut) vînătă.

În ambele gradări pămînturile au avut o textură argilo-lutoasă, reacție ușor alcalină, conținut în fosfor și potasiu slab spre mijlociu.

— Factorul B: fertilizarea cu îngrășăminte chimice N, K, P, în diferite doze cu 16 gradări ($b_1$: N100 P60 K80 ... $b_{16}$: N190 P120 K160).

Rezultatele experiențelor, privite dinamic, au arătat o creștere continuă a producției, proporțională cu procesul de solidificare a celor două tipuri de argile.

Din examinarea rezultatelor s-a constatat că diferența de producție înregistrată pe cele două tipuri de soluri argiloase este nesemnificativă la culturile de grîu, porumb și trifoi și semnificativă la cele de cartofi.

În ceea ce privește raportul îngrășămintelor aplicate la culturile de grîu, porumb și trifoi, diferențele de producție sînt semnificative de la variantele $b_1$ la $b_{16}$.

În urma experiențelor efectuate pe cele două loturi s-au putut trage următoarele concluzii:

— toate tipurile de pămînturi sînt pretabile pentru plantele de cultură, lutul (argila) vînăt avînd, totuși, o textură mai favorabilă pentru creșterea și dezvoltarea plantelor;

— după o perioadă de cinci ani de la luarea în cultură prin rotație anuală a plantelor încadrate în solament, prin fertilizarea chimică, prin acțiunea lucrărilor de bază, încorporarea resturilor vegetale de la fiecare cultură, sub acțiunea precipitațiilor și a temperaturii, cele trei tipuri de steril (două la Tismana și unul la Cicani — Balta Unchiașului) și-au îmbunătățit structura și conținutul în elemente nutritive, mărindu-și capacitatea de reținere a apei;

— îngrășămintele chimice aplicate în doze crescînde au condus la creșterea producției, dozele economice pe aceste soluri dovedindu-se a fi cuprinse între N160 P120 K160 și N300 P240 K240;

— plantele care se cultivă trebuie să fie încadrate într-un asolament de minimum patru ani, în care să existe și o plantă amelioratoare (graminee sau trifoliene);

— lucrările de bază să fie executate vara, după culturile care părăsesc devreme terenul, respectiv toamna pentru cele tardive;

— nu se recomandă arătura de primăvară, deoarece tipurile de steril în care predomină argila nu pot fi lucrate corespunzător;

— ținînd seama că în fiecare carieră din bazinul Rovinari se găsește cîte un orizont destul de mare de lut vînăt, este de dorit ca

acesta să fie depozitat ultimul în halde, astfel ca prin amenajare să ajungă la suprafață, el fiind mai pretabil pentru creșterea plantelor.

b. Experiențe românești privind tehnologiile de fixare și cultivare a iazurilor de decantare și a haldelor de cenușă de la termocentrale

• Iazurile de decantare

Rezultatele pozitive obținute în laborator au fost valorificate în mod diferențiat, la o scară mai mare, pe întinse suprafețe ale iazurilor de decantare situate în toate zonele țării, cum ar fi cele de la E.P. Tarnița, I.M. Bălan, I.M. Moldova Nouă, I.M. Barza, I.M. Bocșa, E.M. Zlatna, E.P. Săsar ș.a.

În urma acestor experimentări s-a obținut o tehnologie de stabilizare a iazurilor și s-au creat premisele unei viitoare cultivări a lor.

Dintre variantele tehnologice rezultate din cercetare se vor prezenta următoarele două: stabilizare cu lianți chimici și vegetație; stabilizare cu vegetație perenă sau ciclică.

Prima variantă se aplică la iazurile de decantare care au o mare expunere la deflațiile eoliene, cu antrenarea permanentă a unor cantități de steril în atmosferă și la care taluzurile au o formă accidentată, fiind expuse la șiroiri.

Cea de-a doua variantă este adecvată iazurilor situate în zone mai puțin expuse la deflațiile eoliene și care au taluzurile cu pantă mică.

În cazul variantei cu lianți chimici și vegetație, după terminarea reacțiilor chimice ce au loc în masa de steril, se trece la aplicarea măsurilor adecvate de lucru. Dacă sterilul are o reacție acidă, avînd și un exces de ioni de fier, sulf, zinc și plumb se efectuează, în ordine, următoarele tehnologii;

— se aplică între 15 și 25 t/ha carbonat de calciu și magneziu fin măcinat, dar necalcinat. Prin utilizarea unui agregat cu discuri tractabile, carbonatul dolomitic este încorporat în steril pe o adîncime de 10—15 cm;

— se introduce, apoi, o cantitate de 25—30 t/ha dejecții de păsări sau 28—32 t/ha nămol menajer. Aplicarea acestor reziduuri se face pe zone orizontale, prin utilizarea unei grape stelate sau a agregatului cu discuri, iar pe zone accidentate, cum ar fi taluzurile cu pantă mare, încorporarea îngrășămintelor organice se face prin rigole;

— încorporarea în steril a unei cantități de 210—231 kg/ha semințe din flora spontană locală.

În cazul variantei cu vegetație perenă, aplicată iazurilor de decantare situate în zone montane, înconjurate de o vegetație arborescentă bogată, au loc acumulări lente de materie organică, ca urmare a asimilării de către sol a resturilor vegetale antrenate de vînt de pe zonele limitrofe. În asemenea situații se completează necesarul de azot, fosfor și potasi la o doză N50 P120 K70 kg/ha și se realizeaz o vegetație perenă, care se va dezvolta de la un an la altul (ex. iazul de conservare al I.M. Baia de Arieș).

• Haldele de cenușă ale termocentralelor

Avînd în vedere volumele mari de cenușă rezultată de la arderea cărbunilor inferiori în termocentrale, s-a impus cercetarea și experimentarea unor tehnologii de fixare și cultivare a acestor depozite de cenușă.

Experiențele inițiale, efectuate în bazinul Rovinari pe depunerile de cenușă de la termocentrala Rogojelu, au luat în studiu zece variante de sol pentru nouă plante de cultură: grîu, secară, orz, lucernă, trifoi, ovăz, golomăț, porumb și cartofi.

Pentru fiecare variantă s-au aplicat doze moderate de îngrășăminte chimice, și anume N100 P80 K80 kg/ha. Fosforul a fost încorporat o dată cu arătura de bază, iar azotul, o jumătate de doză o dată cu pregătirea patului germinativ, iar cealaltă jumătate în timpul vegetației.

Experiențe similare au fost făcute și pe depozitele de cenușă de la termocentralele Paroșeni, Ișalnița ș.a.

Concluziile ce s-au putut trage în urma acestor experiențe au constat, pe de o parte, în aceea că plantele furajere luate în cultură nu suportă un *pH* ridicat (8—9), iar, pe de altă parte, că, fiind vorba de plante perene, acestea își formează un sistem radicular puternic care duce la creșterea și dezvoltarea lor chiar și pe cenușă curată în condițiile fertilității cu îngrășăminte chimice (N100 P80 K80).

c. Recultivarea agricolă

Recultivarea agricolă cuprinde un program complex de asanare, refertilizare, recoltare, selecționare a semințelor și, în special, de dirijare competentă a fîneței și pășunatului pentru prevenirea degradării solului de către animale.

Înainte de a se trece la recultivarea agricolă propriu-zisă trebuie să se facă vaste cercetări legate de ameliorarea solurilor slab productive de pe unele halde, optimizarea repartiției și aplicării îngrășămintelor și prognoza evoluției solurilor prin îmbunătățiri funciare.

Recultivarea agricolă se execută în două etape.

• În prima etapă, după ameliorarea terenului, se urmărește regenerarea fertilității solului în care scop trebuie să se cultive plante nepretențioase față de condițiile de sol, care sînt rezistente față de boli și buruieni și care dau cantități mari de materie vegetală, atît în subteran, cît și pe suprafață. Cele mai indicate acestui scop sînt păstăioasele (lucernă, trifoi etc.).

În cursul perioadei de refacere este necesar, pe baza experimentărilor, în cîmp, să se folo-

sească îngrășăminte în cantități duble decît cele normale și să se adopte un sistem de rotație a culturilor (asolamente).

• Etapa a doua, în funcție de condițiile pedoclimatice, urmează la patru-cinci ani după prima și constă în cultivarea plantelor agricole de bază, cu care se obțin recolte normale.

Un rol foarte important la recultivarea agricolă îl au: tratarea cu apă (irigarea), aerația activă a terenului și aplicarea îngrășămintelor.

**d.** Recultivarea forestieră (silvică)

Recultivarea forestieră depinde, într-o mai mică măsură, de înalta calitate a solurilor și de aceea a și găsit o răspîndire mai mare decît cultivarea agricolă.

Cu toate acestea, pentru redarea în circuitul forestier a haldelor de steril se impune stabilirea unor metode de eliminare, combatere sau diminuare a fenomenelor de degradare a terenurilor.

De cele mai multe ori recultivarea forestieră poate începe chiar de la etapa nivelării terenului și a grăpării lui cu scarificatorul.

Sînt cazuri, însă, cînd terenul de haldă necesită lucrări de consolidare, de activare, de dezagregare și îmbogățire în humus, deci trebuie efectuată o ameliorare a condițiilor acestor halde.

• Lucrări de consolidare. Haldele cu versanți cu înclinare peste 10—15°, care au un grad redus de stabilitate, trebuie consolidate prin lucrări de construcție. Rezultate bune dau consolidările cu gărdulețe rombice sau cu gărdulețe liniare amplasate la distanța de 2—3 m din ax în ax. Haldele formate din fragmente mari de roci pot fi consolidate și cu banchete din zidărie uscată amplasate la distanțe de 2—4 m din ax în ax.

• Lucrări de pregătire a terenului. În multe cazuri depozitele de steril sau haldele sînt foarte tasate. Afînarea terenului este o condiție indispensabilă instalării vegetației forestiere. Pe versanții de dune pregătirea terenului trebuie făcută în terase late de 2—6 m, amplasate la distanța de 3—10 m. Dacă terenul este stabil (cazul haldelor mai vechi, înțelenite) terasele pot fi nesprijinite. Dacă terenul este instabil, atunci terasele trebuie să fie sprijinite de gărdulețe sau de banchete de piatră. Pe haldele cu înclinare redusă sau pe platformele înalte, cum sînt hidrohaldele, terenul trebuie să fie afînat prin arătură la 30—40 cm adîncime, urmată de discuire (cazul haldelor formate din materiale grosiere și fine, fără sau cu puțin schelet mărunt) sau scarificare pînă a adîncimea de 30—40 cm.

Pregătirea terenului poate fi făcută, după caz, pe toată suprafața sau în fișii late de 1—1,5 m, alternînd cu fișii neafînate late de 0,75—1 m. Rezultate bune s-au obținut, în anumite situații, și prin pregătirea terenului în tăblii de 0,8×1,0 m sau 1,0×1,0 m.

Pe haldele cu depozite mai afînate, mai ales în regiuni umede, plantarea se poate face și în gropi, fără altă pregătire a terenului.

• Lucrări de ameliorare a condițiilor de sol. Carența în substanțe nutritive, îndeosebi lipsa azotului, duce la necesitatea fertilizării depozitelor de halde prin: depunerea pe toată suprafața a unui strat de sol fertil cu grosimea de 20—50 cm; folosirea pămîntului humifer la plantarea puieților în gropi; folosirea puieților crescuți în vase de vegetație (recipienți) umplute cu sol fertil sau amestecuri nutritive de nisip, sol, turbă și fertilizanți; folosirea îngrășămintelor organice sau a fertilizanților minerali în doze rezultate din analiza condițiilor de teren; reducerea acidității depozitelor prin aplicarea unor amendamente; diminuarea sau eliminarea acțiunii unor substanțe nocive, mai ales a unor soluri solubile prin spălare, cu amendamente cu gips, fosfogips ș.a.; udarea culturilor forestiere cel puțin în primii 2—3 ani în cazul unor depozite uscate (1—3 udări în sezonul de vegetație, care să asigure circa 10 l de apă la fiecare puiet, pentru fiecare udare).

• Folosirea vegetației forestiere pentru fixarea, ameliorarea condițiilor staționale și valorificarea haldelor într-o serie de țări cu tradiție în domeniu a dat rezultate satisfăcătoare și bune.

Astfel, în S.U.A. s-au obținut rezultate satisfăcătoare și bune la împădurirea haldelor carierelor carbonifere cu diverși hibrizi de plopi, cu anin negru, salcîm, pin silvestru, molid, larice japonez ș.a.

În R.F.G., rezultate bune au dat paltinul de munte și stejarul roșu pe depozite grosiere, cînd la suprafață s-a depus un strat de sol vegetal; teiul pucios, pe haldele cu sol afînat; cireșul, ulmul de munte, carpinul, jugastrul, pe haldele cu condiții staționale mai bune; plopul tremurător și plopul alb prin calitatea lor de a fixa bine solul; salcia căprească și Salix incana pe haldele din zone mai umede. Pentru ameliorarea haldelor se recomandă semănături cu drob, lupin, sulfină. Pe haldele carierelor de lignit rezultate bune s-au obținut prin plantații de salcîm, care au dus la ameliorarea solului.

În U.R.S.S. există, de asemenea, o experiență bogată în această direcție. Astfel, pe depozite argilo-lutoase alcaline, fără materii organice, respectiv fără azot și cu conținut redus de fosfor și potasiu, rezultate bune s-au obținut prin plantații cu cătină albă, singer și pin silvestru. Pe haldele carierelor de cărbuni speciile cele mai eficiente au fost cele acumulatoare de azot, cum sînt cătina albă, aninul negru, aninul alb și lupinul, cu recomandarea ca schema de

plantare să fie alcătuită dintr-un rînd de cătină la două rînduri de alte specii. S-au obţinut rezultate bune pe haldele carierelor de minereuri de fier cu cătină albă plantată la distanţa de 2,0 ×0,5 m pe depozite de nisip, acoperite cu un strat de sol fertil de 30—40 cm.

Rezultatele experimentărilor întreprinse au arătat că speciile amelioratoare de sol (fixatoare de azot) cum sînt salcîmul, aninul, sălcioara şi mai ales cătina albă au dat rezultate în toate cazurile. Ele au contribuit şi la ameliorarea substanţială a depozitelor în timp relativ scurt şi au stimulat creşterea altor specii lemnoase cînd au fost cultivate în amestec cu acestea.

Printre celelalte specii forestiere, rezultate satisfăcătoare, pînă la bune, au dat:

— pinii, cu deosebire pinul silvestru, pe haldele miniere cu depozite grosiere şi nisipoase, cu $pH < 7$ şi pinul negru pe haldele cu depozite calcaroase sau argiloase cu $pH > 7$;

— plopii, mai ales plopul alb, plopul tremurător şi sălciile pe haldele formate din depozite nisipoase, în regiuni mai umede sau cu posibilităţi de irigare;

— frasinul, paltinul, cireşul, ulmul şi arţarul tătăresc pe haldele cu condiţii mai favorabile sau pe care s-a depus un strat de pămînt fertil;

— stejarul şi stejarul roşu pe haldele cu cele mai bune condiţii de sol;

— mesteacănul, oţetarul fals, arţarul american, mojdreanul pe haldele cu condiţii staţionale mai dificile;

— lemnul cîinesc, singerul şi alţi arbuşti în amestec cu speciile menţionate mai sus.

Din speciile recomandate pentru fiecare staţiune de halde se aleg 2—3 în care cel puţin una din ele să fie amelioratoare de sol (anin, salcîm sau cătină albă).

Amestecul cel mai indicat este cel în buchete, care să ocupe suprafeţe de 50—100 m² sau în benzi pure alterne, late de 5—10 m. Cătina albă şi alţi arbuşti pot fi folosiţi şi în culturi de amestec intim, în rînduri pure alterne sau în buchete mici de pin cu salcîm, anin sau sălcioară, deoarece foioasele menţionate au creşteri mari în primii ani, copleşind şi eliminînd pinul din amestec. Unele specii, cum sînt salcîmul sau aninul, pot fi folosite şi sub formă de culturi pure.

Desimea culturilor va fi de 5 000—6 700 puieţi la hectar (distanţa de 0,8—1 m pe rînd şi 1,25—2,5 chiar 3 m între rînduri).

În zonele secetoase, mai ales pe haldele miniere formate din fragmente grosiere, culturile se vor iriga (prin aspersiune) în perioadele secetoase din primul an şi eventual anul al doilea şi al treilea de vegetaţie, de 1—3 ori în cursul sezonului de vegetaţie (circa 10 l apă/m², sau la puieţi la fiecare udare).

În toate cazurile plantarea se va face în gropi de 30 × 30× 30 cm pînă la 40 × 40 × 30 cm. La puieţii de talie mare, gropile au dimensiunile de 50 × 50 × 40 cm.

Dacă depozitele scheletice conţin pietre în cantităţi mari, acestea se adună şi se folosesc, eventual, la construirea unor berme de siguranţă în aval.

Calităţi mai bune de sol permit plantarea de la început a unor esenţe valoroase de arbori sau de pomi fructiferi, evitîndu-se astfel trecerea printr-o plantaţie pionieră.

e. Recultivarea terenurilor degradate prin activitatea minieră în România

Dezvoltarea impetuoasă a extragerii de cărbune energetic se realizează atît prin modernizarea tehnologiei, în vederea menţinerii şi măririi capacităţilor miniere existente, cît şi prin deschiderea de mine şi cariere noi. Realizarea acestor importante obiective într-un ritm rapid, conform cerinţelor actuale, determină implicit o creştere a suprafeţelor de teren care se scot temporar din circuitul agricol sau silvic.

În perspectivă, pînă în anul 2000, suprafaţa haldelor şi carierelor se va extinde mult. Datorită acestui fapt, una din cele mai de seamă probleme ale industriei extractive, alături de exploatarea şi valorificarea integrală a substanţelor minerale utile, o constituie redarea în circuitul agricol şi economic a terenurilor degradate.

Folosirea judicioasă a fondului funciar implică şi obligativitatea beneficiarului de investiţie sau producţie de a recupera anticipat o suprafaţă echivalentă cu cea care se scoate din circuitul productiv pentru amplasarea obiectivelor industriale, prin transformarea în pămînt arabil a unor terenuri neproductive.

Pentru îndeplinirea acestui obiectiv în bazinele miniere din România şi în special în bazinul Gorjului s-au întreprins o serie de măsuri în vederea obţinerii unor moduri de folosinţă agricolă şi silvică a terenurilor degradate de exploatările miniere la zi.

Urmărindu-se o tehnologie care a fost prezentată şi în acest material, s-au reuşit în acest bazin recultivări ale haldelor, după cum urmează:

— plantaţii de vie cu soiuri de masă şi de vin, deja pe producţie;

— livezi pomicole pe rod, cu stare de vegetaţie foarte bună, formate din nuc, măr, păr, coacăz, alun, vişin;

— loturi cu cereale păioase şi prăşitoare ce asigură producţii care întrec media judeţului în care se află bazinul;

— plante tehnice şi cartofi cu produse de calitate superioară şi producţii mari;

— culturi furajere, constînd din amestec de specii de plante din familia graminee și leguminoase;

— loturi cu plante silvice superioare: pinus nigra, pinus silvestris, robinia pseudacacica, amorpha, fruticoza sau sophora japonica.

Desigur, activitatea de recultivare va continua și în viitor, căutîndu-se îmbunătățirea soiurilor deja cultivate și introducerea altora, cum ar fi, de exemplu, pe haldele cu taluzuri abrupte plantarea unor specii silvice superioare, a arbuștilor decorativi și preîmpădurirea cu cătină albă și liliac.

*7. Utilizarea în alte scopuri a terenurilor degradate de activitatea minieră*

Terenurilor degradate ca urmare a activităților miniere, în general, a exploatărilor miniere la zi, în special, li se pot da și alte întrebuințări în afara celor agricole sau silvice.

În urma unor amenajări speciale și specifice scopului propus aceste terenuri pot deveni:

— zone în care se acumulează apa pentru formarea de lacuri în vederea reglării unor cursuri de apă, aprovizionării cu apă industrială a consumatorilor din împrejurimi sau pentru piscicultură;

— spații de odihnă, agrement, terenuri de sport, piste pentru atletism ș.a.;

— suprafețe construibile, cînd vechile halde sau iazuri de decantare sînt bine tasate și se adoptă soluții constructive specifice condițiilor speciale de fundare pe astfel de terenuri.

În toate țările unde au existat astfel de preocupări se întîlnesc astăzi lacuri în golurile rămase în urma exploatărilor la zi, de unde se alimentează diverși consumatori, dar în care se dezvoltă o faună adecvată (de ex. Cehoslovacia, România, R.D.G., R.F.G., U.R.S.S.). Multe perimetre de cariere au devenit spații de odihnă, terenuri de sport și parcuri naturale, cum sînt cele din R.D.G. și R.F.G.

Vechi halde și iazuri de decantare au permis — după stabilizare — așezarea unor construcții civile și industriale, așa cum există în R.F.G. și România (pe fosta haldă a carierei Balta Unchiașului, din bazinul Rovinari, s-a amplasat o platformă auto cu construcțiile aferente).

*8. Eficiența economică a activităților de reutilizare a terenurilor*

Problema redării în circuitul economic trebuie urmărită încă din faza de proiectare, deoarece aceasta are o influență marcantă asupra limitelor carierelor, coeficienților de decopertă și, în final, asupra costurilor de extragere.

De aceea pentru determinarea conturului final al unei cariere trebuie — obligatoriu — luate în considerare interdependența dimensiunilor și valoarea terenurilor expropriate, parametrii geometrici ai acelei cariere și caracteristicile agrochimice ale rocilor acoperitoare și înconjurătoare.

La stabilirea cheltuielilor reale de extragere a utilului în carieră trebuie să se adauge la cele propriu-zise din carieră și următoarele cheltuieli:

— valoarea terenului expropriat;

— valoarea de compensare ca urmare a scoaterii terenului din circuitul economic în perioada de construcție a carierei și după încheierea activității ei, lei/t;

— cheltuielile cu extragerea și conservarea solului vegetal, în perioada de construcție a carierei, lei/t;

— cheltuielile cu recultivarea propriu-zisă, lei/t.

Cheltuielile cu extragerea, depunerea și conservarea solului vegetal de pe suprafața viitoarei cariere și haldei exterioare și cele cu recultivarea terenului în timpul exploatării zăcămîntului trebuie să se adauge la cheltuielile de descopertare propriu-zisă.

Pentru carierele în activitate, unde se desfășoară lucrări de recultivare sau care au obligația de a efectua reamenajări miniere și biologice, se impun a fi urmăriți următorii indici tehnico-economici:

— suprafața înainte de amenajare, ha;

— suprafața după amenajare, ha;

— investiția totală, lei, din care „investiția ameliorativă", lei; valoarea pămîntului, lei;

— valoarea producției totale și la hectar înainte de amenajare, lei și lei/ha;

— valoarea producției totale și la hectar după amenajare, lei și lei/ha;

— sporul de producție total și la hectar, lei și lei/ha;

— cheltuielile de producție, lei, din care: amortismentele; cheltuieli de întreținere; cheltuieli cu pomparea apei și udarea; total cheltuieli ameliorative; cheltuieli de producție după amenajare; cheltuieli de producție înainte de amenajare; spor de cheltuieli;

— venit net total și la hectar înainte de amenajare, lei și lei/ha;

— venit net total și la hectar după amenajare, lei și lei/ha;

— spor de venit net total și la hectar, lei și lei/ha;

— termen de recuperare, ani;

— investiție specifică totală, lei/ha;

— investiție specifică ameliorativă, lei/ha;

— indicele de rentabilitate, %.

Avînd în vedere că sarcinile de perspectivă privind reutilizarea terenurilor degradate de activitatea minieră sînt deosebit de mari și în continuă creștere nu trebuie precupețit nici un efort pentru obținerea unui efect economic maxim în acest domeniu, pentru dezvoltarea continuă a întregii economii naționale.

## Concluzii

O dată cu influența pozitivă asupra vieții economice, dezvoltarea industriei miniere va exercita asupra mediului înconjurător și efecte negative manifestate prin forme și modalități diferite, care au fost prezentate detaliat în prezentul articol.

Deși acțiunile cu caracter internațional referitoare la protecția mediului înconjurător au luat în ultima vreme extindere mare, măsurile de protejare a naturii trebuie să privească, în primul rînd, fiecare țară în parte.

Ca un corolar de înaltă responsabilitate a epocii socialiste față de natură, în România s-a elaborat un întreg sistem de legi și au fost create organisme, care să ducă la ocrotirea resurselor sale naturale, inclusiv aerul, apa, pămîntul, flora și fauna.

La elaborarea proiectelor pentru obiectivele industriei miniere trebuie să se analizeze fiecare factor de mediu, prezentîndu-se mai multe variante de protejare și lichidare a efectelor negative, cu investițiile necesare și rezultatele scontate, precum și costul unitar al produselor miniere în care trebuie să se includă și cota parte a cheltuielilor pentru protecția mediului.

Mineritului, în general, celui în carieră, în special, îi revin sarcini și i se oferă posibilități de ameliorare a mediului înconjurător prin amenajarea și integrarea optimă a haldelor de steril în peisajul zonal și prin redarea suprafețelor acestora în circuitul economic.

În vederea realizării acestui lucru se impune continuarea și amplificarea acțiunilor de reamenajare minieră a haldelor de steril și, apoi, a recultivării biologice a terenurilor de pe aceste halde.

Reamenajarea minieră impune parcurgerea mai multor etape tehnologice, care trebuie efectuate în exclusivitate de întreprinderile miniere : recuperarea și conservarea solului vegetal; amenajarea și nivelarea haldelor; depunerea solului vegetal pe suprafețele nivelate și ameliorarea terenurilor de pe halde.

Sarcinile cele mai mari pentru recultivarea biologică o au organele agricole și silvice, unităților miniere revenindu-le obligația unei colaborări cu acestea și creării tuturor condițiilor pentru trecerea rapidă și eficientă la reamenajarea biologică.

Proiectele de recultivare trebuie să facă parte integrantă din studiul de exploatare a zăcămintelor și din programele anuale, în care se stabilesc soluțiile definitive privind suprafețele de recultivare, terenurile ce se cedează, reconstrucția de clădiri, drumuri etc.

În vederea trecerii la recultivarea biologică sînt necesare studii de laborator, experiențe în vase de vegetație, experimentări în cîmp și studii asupra factorilor naturali.

Experiențele în cîmp efectuate pe haldele interioare ale unor foste cariere din bazinul carbonifer Rovinari au arătat, în mod cert, că terenurile haldate se pretează la redarea în circuitul agricol și pomicol.

De asemenea, experimentările desfășurate pe întinse suprafețe ale unor iazuri de decantare din România și pe haldele de cenușă ale termocentralelor Rogojelu și Işalnița au permis elaborarea unor tehnologii de stabilizare și au creat premisele unei viitoare cultivări a lor.

În condițiile în care statul nostru a făcut și continuă să facă eforturi considerabile pentru protecția mediului înconjurător, tuturor factorilor din industria minieră le revine obligația respectării tehnologiilor de lucru proiectate, creșterii responsabilității protecției mediului ambiant, instruirii și educării tuturor celor chemați să realizeze această protecție.

### Bibliografie


[1] Anastasescu, V. *Redarea în circuitul economic a terenurilor degradate de exploatările la zi.* O.D.P.T., București, 1973.

[2] Coliță, I. *Recultivarea terenurilor degradate prin activitatea minieră în R.S. România.* Mine, Petrol, Gaze, nr. 8, 1977.

[3] Doronenko, E. P. *Recultivația zemeli narușennth otkritimi razrabotkami.* Moskva, Nedra, 1979.

[4] Dud, G., Ilie, P. *Protecția iazurilor de decantare prin procedee chimice și vegetații.* Mine, Petrol, Gaze, nr. 8, 1980.

[5] Fodor, D. *Exploatări miniere la zi.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1980.

[6] Franke, H. ș.a. *Relații de sistem și regularizări de sistem între minerit și teritoriu la folosirea complexă a zăcămintelor și materiilor prime miniere.* Al VII-lea Congres Internațional Minier, București, 1972.

[7] Gärtner, E. *Minerit și mediu înconjurător.* Al VII-lea Congres Internațional Minier, București, 1972.

[8] Georgescu, M. *Sistematizarea și recultivarea terenurilor.* Litografia I.M. Petroșani, 1989.

[9] Huidu, E., Jescu, I. *Cartea minerului din exploatările la zi.* Ed. Tehnică, București, 1987.

[10] Lăzărescu, I. *Protecția mediului înconjurător și industria minieră.* Scrisul românesc, Craiova, 1983.

[11] Traci, C. *Împădurirea terenurilor degradate.* Ed. Ceres, București, 1985.

[12] * * * Documentații privind recultivarea la C.M. Rovinari, 1984—1987.

# Tehnologia de haldare cu maşina de haldat cu braţ de 170 m cuplat cu un excavator cu rotor

Ing. I. Stălcuş
ing. E. Terheci
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Generalităţi

Cariera Lupoaia, din judeţul Gorj, este dotată cu excavatoare cu rotor tip SRs 1300/26 şi ERC 470/15, precum şi cu maşini de haldat tip A2Rs 6300/95.

În cadrul programului prin care cariera Lupoaia a fost declarată unitate etalon privind perfecţionarea organizării şi modernizarea proceselor de producţie în domeniul extracţiei lignitului în cariere, în anul 1988 a fost pusă în funcţiune o maşină de haldat cu braţ de deversare lung de 170 m, care să haldeze interior.

Folosirea complexului de haldare cu transbordare va fi o premieră în ţara noastră, atît ca utilaje, cît şi ca tehnologie.

## II. Parametrii geotehnici ai rocilor din carieră şi haldă

În urma probelor de laborator, parametrii luaţi în calculul pentru geometria carierei şi haldei sînt cei prezentaţi în figura 1.

## III. Fluxul tehnologic iniţial pe treapta 190 — 210

În treapta 190—210 lucra un excavator tip SRs 1300/26/5, care deversa sterilul pe banda T 190 (fig. 2—8). Tot pe această treaptă era în funcţiune un excavator ERC 470/1, folosit la excavarea sterilului. Cărbunele excavat din stratul V era depus pe banda T 190, atunci cînd nu se excava steril.

## IV. Haldarea în prezent şi viitor la cariera Lupoaia

Masele excavate din cariera Lupoaia sînt depuse în halda din Valea Cerveniei şi în halda din Valea Motrului.

În prezent se lucrează numai la halda din Valea Motrului cu tehnologie cu benzi transportoare şi maşini de haldat.

Înălţimea haldei din Valea Motrului va fi de 65 m, depusă în trei trepte:

— treapta I = 15 m;
— treapta a II-a = 25 m;
— treapta a III-a = 25 m.

După terminarea haldării exterioare, se va halda în interiorul carierei astfel:

— treapta I = 25 m;
— treapta a II-a = 15 m;
— treapta a III-a = 25 m;
— treapta a IV-a = 15 m;
— treapta a V-a = 25 m.

În halda interioară va lucra şi maşina de haldat A2Rs—B—4400/170, care va depune treapta I de haldă şi care face obiectul prezentului studiu de tehnologie minieră.

## V. Gospodărirea apelor şi evacuarea lor

Apele din precipitaţii şi cele din taluzuri vor fi dirijate prin canale, pe culcuşul stratului V (vatra carierei) în jompuri amplasate în zonele cele mai coborîte (fig. 2). De aici vor fi evacuate cu pompe şi conducte amplasate pe acoperişul stratului V.

| Valori adoptate în calcul | φ (°) | c (t/mp) | γ (t/mc) |
|---|---|---|---|
| Argila (inclusiv argila grasă) | 17 | 4,5 | 1,9 |
| Argila carbunoasa | 14 | 3,0 | 1,7 |
| Argila marnoasa (inclusiv profoasă si nisipoasă) | 23 | 2,0 | 2,0 |
| Nisip (inclusiv prăfos, marnos, argilos) | 21 | 0,5 | 1,95 |
| Lignit | 19 | 10 | 1,25 |
| Media fara lignit | 19 | 2,8 | 1,96 |

Taluzuri în cariera

| | | |
|---|---|---|
| H treapta steril = 20 m | η = 1,1 – 1,3 | α = 45° – 55° |
| H treapta carbune = 5 – 6 m | η = 1,1 – 1,3 | α = 60° – 80° |
| h = 140 m | η = 1,3 | α = 14° |
| h = 120 m | η = 1,3 | α = 15° |
| h = 80 m | η = 1,3 | α = 16° |

BERMA INTRE TREPTELE DE LUCRU IN CARIERA > geotehnica = 70 – 75 m; tehnologica = 100 m

| CARACTERUL TALUZULUI | Valoarea minima a coeficientului de siguranta | |
|---|---|---|
| | Pt. treapta cu h.max. ≥ 3 m | Pt. taluzul general al carierei cu h = 120 m |
| De lucru | 1,1 | 1,3 |
| Provizoriu (durata de ordinul saptamînilor sau lunilor de zile) | 1,3 | 1,5 |
| De lungă durată (ordinul anilor sau zecilor de ani) | 1,5 | 2,0 |

Taluzuri în halda interioară

| | | |
|---|---|---|
| φ = 19° | c = 1,5 t/mp | γ = 1,81 t/mc |
| h.tr = 15 m | η = 1,1 – 1,5 | α = 35° – 22° |
| h.tr = 25 m | η = 1,3 – 1,5 | α = 26° – 18° |
| Halda interioara | Tr. I = 25 m | α = 18°–26° haldare directa |
| | Tr II = 15 m | α = 35° |
| | Tr III = 15 m | α = 26° |
| | Tr IV = 15 m | α = 35° |
| | Tr V = 25 m | α = 26° |
| | Total = 105 m | α gen. = 8°–9° |

BERMA INTRE TREPTELE HALDEI INTERIOARE = 110 m.

Fig. 1. Parametrii geotehnici şi geometria carierei Lupoaia.

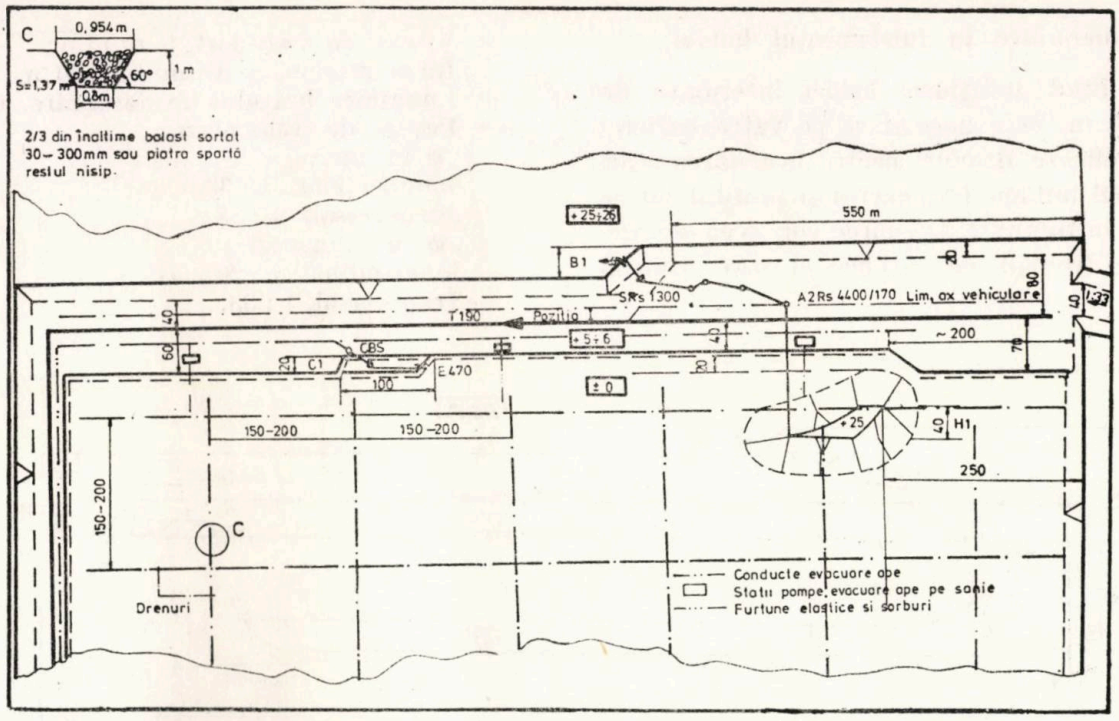



Fig. 2. Dimensiunile intrîndului din blocul B1 pentru începerea haldării cu transbordare.

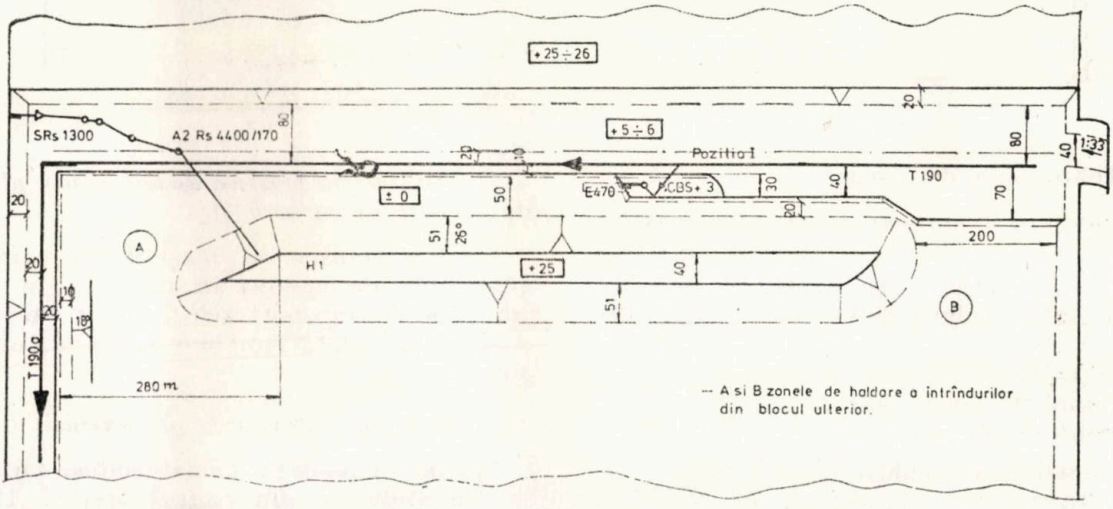



Fig. 3. Excavare bloc B1 în zona staţiei de acţionare a benzii T 190.

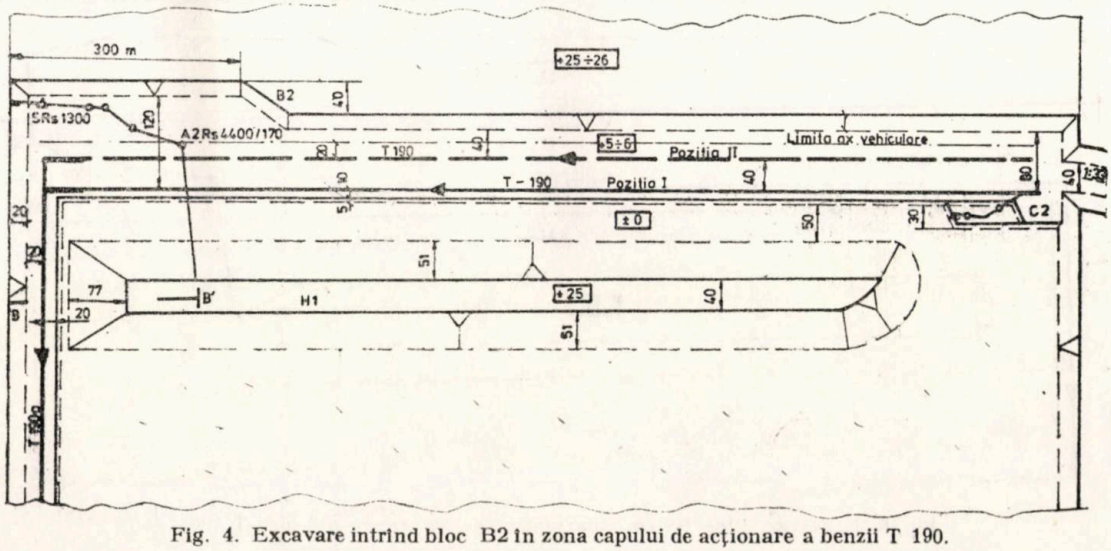



Fig. 4. Excavare intrind bloc B2 în zona capului de acţionare a benzii T 190.

## VI. Amenajare în fundamentul haldei

Dată fiind înălțimea haldei interioare de 105—110 m, este necesar ca pe vatra carierei să se realizeze drenuri pentru evacuarea apei din corpul haldei. Dispunerea și profilul lor se prezintă în figura 2. Drenurile vor avea scurgerea spre frontul de cărbune și spre taluzul nordic.

— Viteza de transport, 5 m/min;
— Raza minimă a drumului, 80 m;
— Lungimea brațului de deversare, 170 m;
— Panta de vehiculare:
  • în lucru:
  longitudinal, 1 : 33;
  transversal, 1 : 33;
  • în transport:
  longitudinal, 1 : 20;
  transversal, 1 : 33.

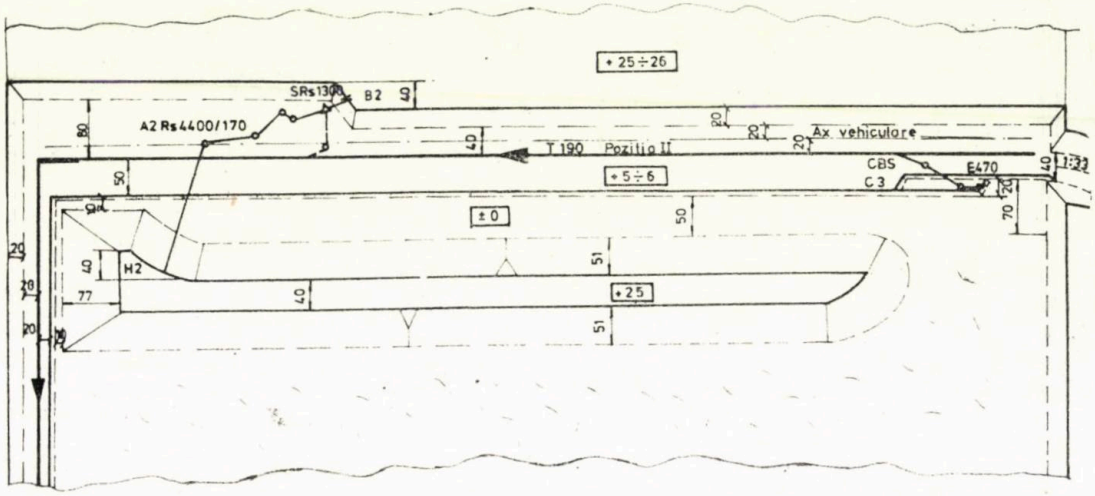



Fig. 5. Excavare bloc B2.

## VII. Tehnologia de haldare

1. *Principalii indicatori tehnici ai mașinii de haldat*

— Debit teoretic, 4 400 m³/h;
— Greutatea volumetrică a materialului depus, 1,6 t/m³;
— Greutatea totală, 3 040 t;
— Lungimea totală, 285 m;
— Presiunea pe sol:
  • mașina de haldat, 9,9 N/cm²;
  • transportul intermediar, 7,5 N/cm²;
  • transportul de preluare, 5,0 N/cm²;

2. *Vehicularea mașinii de haldat din platforma de montaj în carieră*

Pentru transportul mașinii de haldat din platforma de montaj în carieră, s-a realizat un drum de transport care a asigurat o portanță mai mare de 9,9 N/cm² și o pantă conform celor menționate.

3. *Zona de introducere a mașinii de haldat*

Mașina de haldat a fost introdusă pe acoperișul stratului V din cadrul treptei 190—210 (fig. 3), în zona capului de întoarcere a benzii

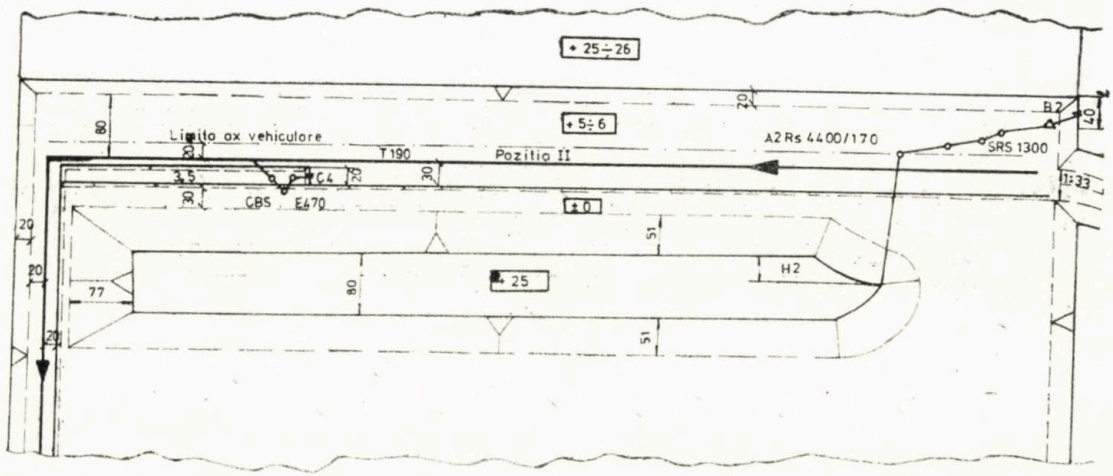



Fig. 6. Excavare bloc B2 în zona stației de întoarcere a benzii T 190.

T 190, unde suprafaţa acoperişului stratului V trebuie să aibă o pantă transversală şi longitudinală de 1 : 33.

4. *Excavarea cu excavatorul cu rotor SRs 1300*

În figurile 3—8 se prezintă tehnologia de excavare a trei blocuri de steril şi a patru blocuri de cărbune. Atît la steril, cît şi la cărbune, după 3, respectiv 4 blocuri, se repetă tehnologia de excavare.

La halda interioară s-au realizat două blocuri depuse, după care tehnologia se repetă.

În figurile 2—8 este redată tehnologia de haldare, unde se regăsesc următoarele utilaje : excavator cu rotor SRs 1300 ; excavator cu rotor ERc 470 şi CBS ; maşina de haldat A2Rs B — 4400/170 ; banda T 190 (de front) ; banda T 190 C (de capăt).

După ce maşina de haldat este coborîtă pe acoperişul stratului V se cuplează la excavatorul SRs 1300, care continuă excavarea blocului B1, cu o lăţime de 40 m.

Pentru introducerea maşinii de haldat în carieră este necesar ca blocul B1, în zona capului de întoarcere al benzii T 190, să fie excavat pe 550 m cu depunerea sterilului pe banda T 190, iar stratul V să ofere o suprafaţă de 150 m $\times$ 200 m, în zona capului de întoarcere a benzii T 190 (fig. 2).

Se roteşte excavatorul şi apoi se excavează blocul B2 de la nord spre sud, avansînd în acest mod pînă la staţia de întoarcere a benzii T 190, care este ripată în poziţia II. Se lucrează în continuare conform figurilor 2—8.

Excavaţiile în steril se vor face cu o pantă transversală şi longitudinală de 1 : 33, pe acoperişul stratului V, iar acolo unde acoperişul stratului are o pantă mai mare, se va lăsa steril pe acoperişul stratului V. Acest steril va fi excavat selectiv de excavatorul de la cărbune ERc 470.

În cazul în care în treapta de excavare a excavatorului SRs 1300 se va întîlni cărbune, se va excava selectiv şi se va depune pe banda T 190 ; în acest caz, excavatorul va fi decuplat de la maşina de haldat.

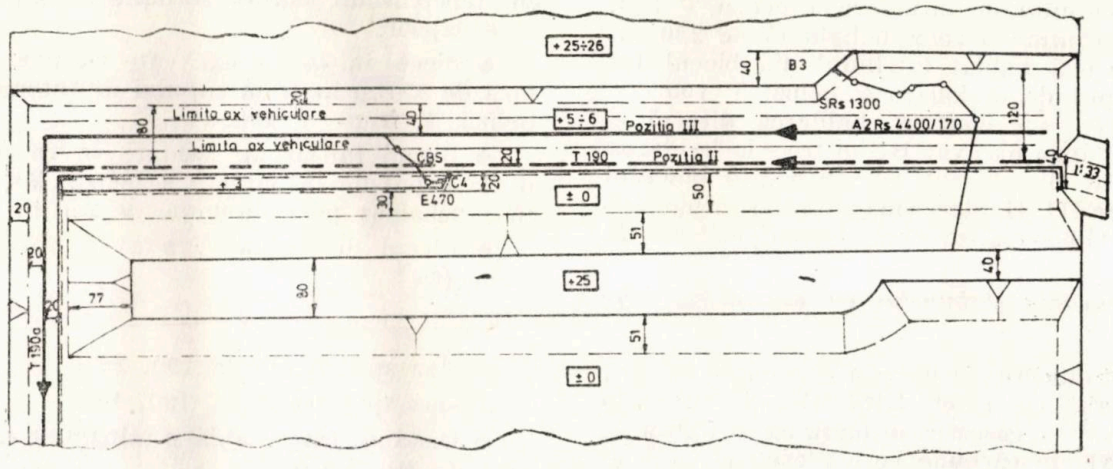



Fig. 7. Excavarea intrîndului în blocul B3 în zona staţiei de întoarcere.

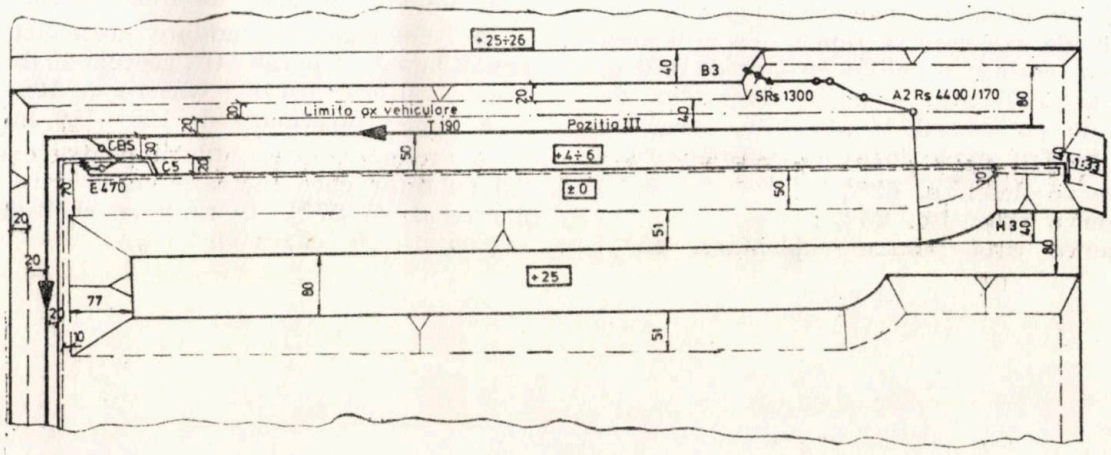



Fig. 8. Excavare bloc B3.

Lungimea minimă a treptei de excavare pentru introducerea în lucru a complexului de haldare pe treapta 190—210 este de :

- lungimea intrîndului B1, 550 m ;
- lungimea intrîndului B2, 350 m ;
- lungimea minimă a blocului B1, 100—200 m ;

total, 1 000—1 100 m.

5. *Haldarea cu mașina de haldat cu braț de 170 m lungime*

Mașina de haldat cu braț de 170 m va fi coborîtă în carieră cu brațul de deversare înainte, la capul de întoarcere al benzii T 190.

După ce mașina de haldat a fost introdusă, se cuplează cu excavatorul și începe depunerea blocului de haldare H1, cu lățimea de 40 m. Blocul de haldare va fi depus începînd de la 250 m față de taluzul sudic al carierei.

Distanța de 250 m lăsată nehaldată în partea sudică va permite haldarea directă a intrîndului din blocul B3, realizat la capul de întoarcere al benzii T 190. În continuare se haldează blocurile H1, cu înălțimea de 25 m spre nord, pînă în zona capului de întindere a benzii T 190, unde va rămîne o zonă nehaldată de 250 m, în care va fi haldat intrîndul din blocul B2 de la capul de acționare a benzii T 190.

După ce s-a efectuat haldarea directă a întregului bloc excavat B1 se trece la haldarea intrîndului din blocul B2, în cadrul blocului de haldare H1. Haldarea în continuare a blocurilor H2 și H3 se realizează conform figurilor 6—8.

6. *Excavarea cărbunelui cu excavatorul ERc 470*

La introducerea în lucru a mașinii de haldat, excavatorul cu rotor ERc 470 și CBS 470 trebuie să se găsească în lucru ca în figura 2. Blocul B1 de cărbune se va excava 2—3 m deasupra și sub șenilă. Tehnologia de excavare pe blocurile C1, C2, C3, C4, C5 este prezentată în figurile 2—8.

O dată cu începerea excavării blocului B5, tehnologia de excavare se repetă. La aplicarea haldării cu mașina de haldat cu braț de 170 m în treapta 190—210, situația rezervelor de cărbune de pe stratul V (deschise, pregătite și gata pentru exploatare) era următoarea :

— rezerve deschise, 62% ;
— rezerve pregătite, 25% ;
— rezerve gata pentru exploatare, 13%.

## Concluzii

- Pentru vehicularea mașinii de haldat din platforma de montaj în carieră, este necesară realizarea unui drum cu lățimea de 40 m, panta 1 : 20 și portanța mai mare de 9,9 N/cm².
- Zona de introducere a mașinii de haldat trebuie să aibă o suprafață minimă de 150 m × 200 m.
- Banda T 190 să fie la 40 m distanță de taluzul exploatat al stratului de cărbune și la 60 m față de marginea blocului în exploatare.
- Banda T 190 trebuie să fie amplasată la 40 m față de taluzul de steril și la 80 m față de taluzul blocului în exploatare.
- Taluzul de excavare va trebui să aibă, pentru steril, $h_{max} = 20$ m și $\alpha = 50—55°$.
- Taluzul de excavare la cărbune :

$h_{max}$ deasupra șenilei, 2—3 m.

- Lățimea blocului de excavare la steril 40 m și la halda interioară 40 m.
- Nerespectarea bermelor blocurilor la steril, cărbune, haldă și a unghiurilor de taluz va duce la dereglări ale tehnologiei de haldare cu repercusiuni asupra stabilității taluzurilor și utilajelor.
- Blocul inițial de excavare va avea lungimea de 550 m în zona capului de întoarcere a benzii de front T 190.
- Blocul inițial de haldare se va depune de la capul de întoarcere a benzii, lăsîndu-se însă nehaldat pe o lungime de 250 m.
- Blocul de haldare va avea următoarea geometrie :

$h_{max} = 25$ m ;

$\alpha$ taluz spre banda T 190, 26° ;

$\alpha$ taluz spre banda T 190, 18°.

- Distanța între halda și taluzul de cărbune este de 10—50 m.
- Lungimea minimă a frontului carierei pentru introducerea haldării cu mașina cu braț de 170 m este de 1 000—1 100 m.
- Tehnologia de haldare prezentată este condiționată de parametrii geotehnici din figura 1 și de înălțimea totală a carierei de 100—140 m și a haldei interioare de 105—110 m.
- Productivitatea muncii pentru excavatorul cu rotor care lucrează cu haldare directă a crescut cu 87%, în timp ce cheltuielile de exploatare au scăzut cu 25%.

# Foreză rotativă pentru forarea de găuri orizontale şi de mică înclinare

Ing. **I. MUSTE**
Combinatul Minier Cluj

## Introducere

Aria pe care se desfăşoară activitatea de pregătire şi exploatare a zăcămîntului de nisipuri cuarţoase caolinoase de la Aghireş este de ordinul a peste zece kilometri pătraţi.

Efectiv, se lucrează în cinci cîmpuri miniere, în care atît la lucrările de pregătire, cît şi la cele de exploatare trebuie să se execute lucrări de perforare-împuşcare.

Forezele rotative de tip BSN 110, existente în dotare, au o mobilitate redusă, deplasîndu-se greu de pe o treaptă pe alta şi numai tractate de la un cîmp minier la altul.

Pe de altă parte, apariţia intercalaţiilor de gresii puternic silicifiate (cuarţite), în stratul I, pe suprafeţe foarte mari şi în mod special în cîmpul minier nr. 2, a făcut ca perforarea acestor cuarţite, cu forezele BSN 110, verticale, să fie irealizabilă în mod practic.

Faţă de această situaţie a fost imperios necesar să se realizeze un utilaj şi o tehnologie adecvată, care să răspundă la toate problemele ce s-au ridicat. Acest utilaj este foreza pentru forare de găuri orizontale şi de mică înclinare, montată pe tractor.

## Prezentarea utilajului

Utilajul pentru forarea găurilor orizontale şi de mică înclinare (fig. 1 şi 2) este format dintr-un tractor articulat forestier *1* de tip TAF-654, căruia i s-a rotit cabina cu 180°, s-a demontat instalaţia de troliu şi sapa, iar

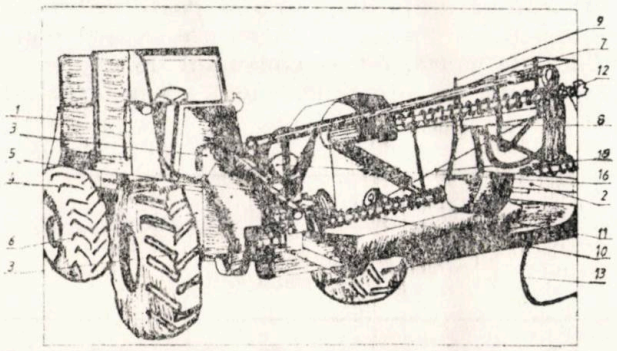


Fig. 1. Foreză rotativă pentru forarea de găuri orizontale şi de mică înclinare:

*1* — tractor articulat de tip TAF-654; *2* — foreză; *3* — suporţi pentru fixarea forezei; *4* — cadru metalic; *5* — cilindri hidraulici; *6* — şasiul tractorului; *7* — tablou electric; *8* — grup motor-reductor pentru antrenare burghiu; *9* — manetă de acţionare; *10* — grup de acţionare a avansului şi retragerii coloanei de burghie; *11* — rastel depozitare burghie; *12* — sapă de foreză; *13* — cablu de alimentare cu energie electrică; *16* — scaun staţionare pentru miner; *18* — cablu de acţionare a avansului şi retragerii grupului motor-reductor.

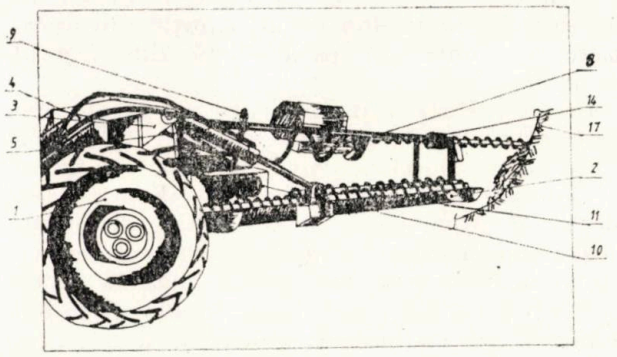


Fig. 2. Foreză rotativă pentru perforare de găuri orizontale şi de mică înclinare (poziţie de lucru):

*1* — tractor articulat; *3* — suporţi de fixare a forezei; *4* — cadru metalic; *5* — cilindri hidraulici; *8* — grup de acţionare motor-reductor pentru antrenare burghie; *9* — manetă de acţionare avans şi retragere burghiu; *10* — grup de acţionare a avansului şi retragerii coloanei de burghie; *11* — rastel de depozitare burghie; *14* — clemă de fixare şi ghidare a coloanei de burghie; *17* — treaptă de lucru.

pe şasiul *6*, rămas liber, s-a montat un cadru metalic *4*, prevăzut cu suporţi *3*, pentru fixarea articulată a forezei *2*.

Pentru aducerea forezei *2* în poziţie de lucru sau de transport s-au montat cilindrii hidraulici *5*, comandaţi din cabină de către tractorist.

Foreza *2* este prevăzută cu grupul motor-reductor *8*, utilizat la antrenarea burghiului de forare a găurilor, tabloul de comandă *7*, cablul de alimentare cu energie electrică *13*, maneta de acţionare a avansului *9*, rastelul de depozitare a burghielor *11*, grupul de acţionare a avansului şi retragerii garniturii de burghie din gaură *10* etc.

### *Tehnologia de lucru*

Foreza rotativă pentru forarea găurilor orizontale şi de mică înclinare este un utilaj mobil, construit în scopul de a fora găuri în strate cu grosimi între 1 şi 5 m.

Deplasarea de la un loc de muncă la altul, precum şi fixarea în poziţie de lucru — fără a fi necesar să se caleze — se fac foarte operativ.

Fixarea şi aducerea în poziţie de lucru se pot realiza începînd de la baza treptei şi pînă la înălţimea de 1,5 m, cu ajutorul cilindrilor hidraulici *5*, care facilitează rotirea forezei *2*, în jurul punctelor de fixare articulată *3*, către cadrul metalic *4*.

Înainte de începerea forării, frontul de lucru trebuie să fie curăţat pe sub taluz, de către un buldozer.

Pentru forarea găurii, tractorul *1* este introdus în frontul de lucru în poziția dorită și cu ajutorul cilindrilor hidraulici *5* se fixează înclinarea forezei *2*, în funcție de poziția unde urmează să se foreze gaura, după care motorul tractorului se oprește.

Cablul de alimentare cu energie electrică *13* se leagă la un tablou de distribuție din apropiere sau chiar la excavatorul din frontul de lucru.

În continuare minerul, care se găsește pe platforma de lucru a forezei, introduce burghiul împreună cu sapa *12* în capul de fixare a grupului motor-reductor *8* și îl prinde cu clema *14*, după care, de la tabloul de distribuție și comandă *7*, pornește grupul motor-reductor *8* și prin tragere de maneta *9*, cu ajutorul cablului flexibil *18*, fixat pe troliul acționat de grupul *10*, pornește avansul și totodată începe forarea găurii în treapta *17*.

După ce gaura a fost forată pe lungimea unui burghiu (2 m), se introduce alt burghiu și așa mai departe pînă la terminare.

Pe platforma de lucru mai este amenajat un rastel pentru depozitarea burghielor ce formează garnitura, precum și un scaun *16* pe care minerul îl utilizează în timpul deplasării de a un loc de muncă la altul.

### Indicatorii tehnico-economici și parametrii funcționali

Pentru a face o comparație între lucrările de împușcare cu găuri verticale și cele realizate cu găuri orizontale, prezentăm în figura 3

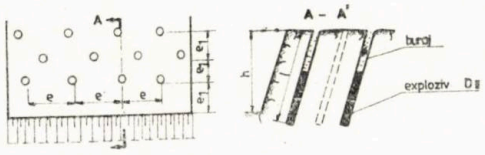



Fig. 3. Schemă de amplasare a găurilor de foreză, verticale : $e$ — distanța între găuri; $e_1$ — distanța între rînduri; $h$ — înălțimea treptei; $l$ — lungimea găurii.

schema de amplasare a găurilor verticale „în eșichier", cu distanța între găuri și între rînduri conform tabelului 1, iar în figura 4 schema de amplasare a găurilor orizontale pe un singur rînd la baza treptei, distanța între găuri fiind în funcție de grosimea stratului.

Pe baza datelor din tabelul 1, în figura 5 s-a trasat diagrama variației consumului specific de explozivi $q$, precum și a consumului specific de gaură $q_g$, în cazul utilizării găurilor verticale.

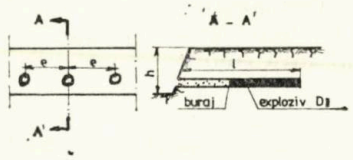



Fig. 4. Schemă de amplasare a găurilor orizontale : $e$ — distanța între găuri; $h$ — înălțimea treptei.

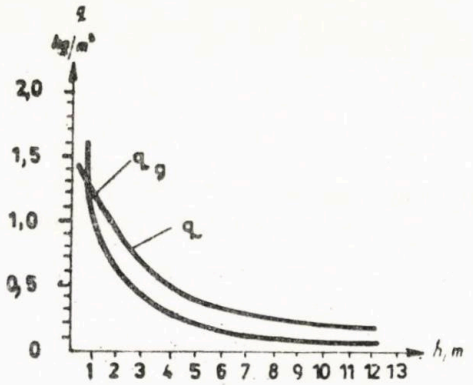



Fig. 5. Variația consumului specific de exploziv $q$ și a consumului specific de gaură $q_g$ în funcție de înălțimea treptei $h$, în cazul găurilor verticale :
$q$ — consum specific de exploziv; $q_g$ — consum specific de gaură.

Din tabel și din diagramă se poate vedea că, pe măsură ce lungimea găurii crește, atît consumul de gaură, cît și consumul de explozivi scade pînă la adîncimea de 4—5 m, într-un

*Tabelul 1*

| Lungimea găurii, $l$, m | Înălțimea treptei, $h$, m | Distanța între găuri, $e$, m | Distanța între rînduri, $e_1$, m | Volum derocat, $V_1$, m³ | Consum de exploziv D. II pe gaură, $Q$, kg | Consum specific de gaură, $q_g$ m·gaură/m³ | Consum specific de exploziv, $q$, kg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,3 | 1 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,62 | 1,62 | 1,25 |
| 2,4 | 2 | 1,5 | 1,2 | 3,6 | 2,5 | 0,67 | 0,70 |
| 3,4 | 3 | 2,0 | 1,7 | 10,2 | 4,0 | 0,33 | 0,39 |
| 4,4 | 4 | 2,5 | 2,2 | 22,0 | 5,5 | 0,20 | 0,25 |
| 5,5 | 5 | 2,6 | 2,3 | 30,0 | 7,0 | 0,18 | 0,23 |
| 6,5 | 6 | 2,7 | 2,5 | 40,5 | 8,5 | 0,16 | 0,21 |
| 7,5 | 7 | 2,9 | 2,5 | 50,8 | 10,0 | 0,15 | 0,20 |
| 8,5 | 8 | 3,0 | 2,6 | 62,4 | 11,5 | 0,14 | 0,19 |
| 9,7 | 9 | 3,2 | 2,7 | 77,6 | 13,0 | 0,13 | 0,17 |
| 10,8 | 10 | 3,5 | 3,0 | 105,0 | 14,5 | 0,11 | 0,14 |
| 11,8 | 11 | 3,6 | 3,0 | 119,0 | 16,0 | 0,10 | 0,13 |
| 13,0 | 12 | 4,0 | 3,0 | 144,0 | 17,5 | 0,09 | 0,12 |

*Tabelul 2*

| Lungimea găurii, $l$, m | Adîncimea de rupere, $l_1$, m | Distanța între găuri, $e$, m | Înălțimea treptei, $h$, m | Volum derocat, $V$, m³ | Consum de exploziv D II pe gaură, $Q$, kg | Consum specific de gaură, $q_g$, m·gaură/m³ | Consum specific exploziv, $q$, kg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 12 | 1 | 1,5 | 18 | 9,5 | 0,67, | 0,53 |
| 12 | 12 | 1,4 | 2,0 | 34 | 11,0 | 0,35 | 0,32 |
| 12 | 12 | 1,8 | 3,0 | 65 | 13,0 | 0,18 | 0,20 |
| 12 | 12 | 2,2 | 4,0 | 105 | 15,0 | 0,11 | 0,14 |
| 12 | 12 | 2,5 | 5,0 | 150 | 17,5 | 0,08 | 0,12 |

ritm foarte pronunțat, iar în continuare pînă, la adîncimea de 12 m, într-un ritm mai lent.

Pe baza datelor din tabelul 2 se redă, în figura 6, variația consumului specific de gaură și a consumului specific de explozivi, în funcție de înălțimea treptei, în cazul folosirii găurilor orizontale.

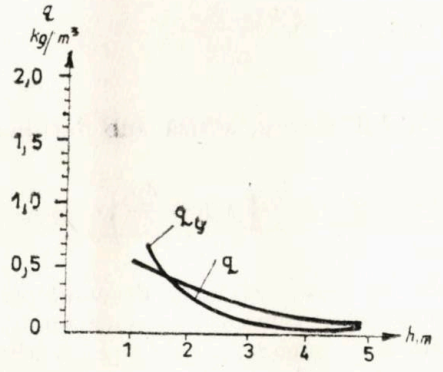



Fig. 6. Variația consumului specific de exploziv $q$ și a consumului specific de gaură $q_g$ în funcție de înălțimea treptei $h$, în cazul găurilor orizontale:
$q$ - consum specific de exploziv; $q_g$ — consum specific de gaură.

Din compararea consumurilor specifice de gaură și de explozivi, obținute prin schema cu găuri verticale și prin schema cu găuri orizontale de 12 m lungime, se observă că la înălțimile de treaptă sub 50 m aceste consumuri sînt de circa două ori mai mari, folosind schemele de amplasare cu găuri verticale, față de cele cu găuri orizontale.

Efectul de rupere în cazul găurilor amplasate orizontal, fiind la baza treptei, face să se obțină o bermă netedă și energia explozivilor să fie utilizată mai rațional.

Parametrii funcționali

— Adîncimea de foraj, pînă la 30 m.
— Turația de foraj, 220 rot/min.
— Viteza de înaintare a sapei, 25—35 m/h.
— Viteza de retragere a sapei, 0,2 m/s.
— Viteza de deplasare a tractorului, 4—14 km/h.
— Motor electric de foraj, 18,5 kW×1 500 rot/min.
— Motor electric pentru înaintarea și retragerea sapei, 3,2 kW; 1 410 rot/min
— Înclinarea maximă de lucru, 10° față de orizontală.

Se face mențiunea că utilajul este omologat.

În privința parametrilor funcționali se poate arăta că viteza de forare este superioară celei obținute cu foreze verticale în aceleași condiții de rocă și la aceeași lungime de gaură, prin faptul că evacuarea detritusului se face mai ușor pe orizontală decît pe verticală. Totodată, adîncimea de gaură ce poate fi realizată cu foreze pentru găuri orizontale este cu mult superioară față de cea realizată cu foreza pentru găuri verticale.

**Domenii de utilizare**

— Foreza rotativă pentru forat găuri orizontale și de mică înclinare, montată pe tractor, se recomandă a fi utilizată în roci semitari pînă la $f = 5$ după Protodiakonov, cum ar fi: nisipuri compacte cimentate; nisipuri argiloase și grezoase; argile diferite, marne; marne argiloase; diatomite, cărbuni, gresii slab consolidate, calcare slabe, sare etc., în general roci cu o rezistență la compresiune între 5 și 400 daN/cm².

— În zăcăminte stratiforme, unde stratele au durități diferite, prin forarea de găuri în stratele cu duritate mai mică (în culcușul stratelor mai dure); derocarea stratelor dure se realizează fără a fi perforate efectiv, sub efectul exploziei produse în baza acestora.

Rezultatele cele mai bune, respectiv regimul optim de utilizare, se obțin la înălțimi de treaptă cuprinse între 2 și 5 m, unde atît consumul de gaură, cît și consumul de explozivi pe metru cub derocat sînt de pînă la două ori mai reduse față de utilizarea de găuri verticale.

În cazul înălțimilor de treaptă mai mici de 2 m se produce un efect pronunțat de aruncare și împrăștiere a rocii, iar între 3 și 5 m acest fenomen nu se mai produce.

În situația în care înălțimea treptei este mai mare de 5 m, direcția anticipantei se schimbă de la o direcție normală, pe lungimea găurii,

la una paralelă cu gaura, astfel că se produce o aruncare a materialului în lungul găurii și efectul de rupere nu este cel scontat.

În acest caz partea superioară a treptei rămîne sub formă de cozoroc și ruperea acesteia are loc într-o fază ulterioară numai sub influența greutății proprii a rocilor subminate; pentru aceasta la înălțimi de treaptă mai mari de 5 m, găurile orizontale se recomandă numai în combinație cu găurile verticale.

— În cariere unde nu există sursă de aer comprimat.

— În locuri izolate, pentru derocare de loturi experimentale de substanță minerală utilă, unde, pentru alimentarea cu energie electrică, poate fi utilizat un grup electrogen.

---

# Cercetări teoretice și experimentale privind drenajul gravitațional al petrolului

Prof. dr. ing. **I. Crețu**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești
Ing. **Mehrdad Vahedi**, doctorand iranian

## Introducere

Pentru estimarea performanței unui zăcămînt de petrol caracterizat prin regim preponderent gravitațional sînt prezentate în literatura de specialitate, în afara modelului Buckley-Leverett [1], modelele Cardwell-Parsons [2] și Crețu [3].

Analizînd particularitățile aplicării modelelor Cardwell-Parsons și Crețu s-a preconizat un model îmbunătățit [4] care, în asociere cu cercetările experimentale de laborator efectuate în această lucrare, a necesitat diversificarea lui în două variante modificate.

Aplicarea modelului Crețu-Vahedi [4] la calculul performanței înregistrate de zăcămîntul Mile Six Pool din Peru [5] a condus la rezultate bune numai după ce s-a înglobat în acest model un factor de pseudoskin, conceput ca măsură a rezistențelor hidraulice suplimentare implicate de reducerea finală a suprafeței de drenaj la suprafețele de recepție ale sondelor de exploatare.

## Particularitățile modelelor destinate estimării performanței drenajului gravitațional

Aceste modele au la bază anumite distribuții ale lichidului dintr-o coloană verticală de mediu poros, deschisă la ambele capete, saturată cu lichid și lăsată sub acțiunea drenajului gravitațional.

*Modelul Cardwell-Parsons.* În cadrul acestui model domeniul mișcării este considerat a fi format din trei zone evolutive, care se succed de jos în sus, astfel: zona saturată integral cu lichid, zona de tranziție și zona saturată integral cu gaze.

Ecuația lui Darcy, scrisă sub forma:

$$v = \frac{k}{\mu}\left(\rho g - \frac{\delta p}{\delta z}\right), \qquad (1)$$

unde axa $Oz$ este verticala descendentă, prezintă, în cazul drenajului gravitațional, unele dificultăți de aplicare. Astfel, permeabilitatea $k$ este o mărime dependentă de saturație, descrescînd o dată cu descreșterea saturației, iar presiunea $p$ este o variabilă definită diferit în zona parțial saturată față de zona total saturată cu lichid.

Prezența gazelor în zona parțial saturată, asociată cu neglijabilitatea gradientului vertical al presiunii în faza gaze, face ca gradientul presiunii în lichidul din această zonă să depindă doar de saturație.

În zona saturată integral cu lichid, neexistînd gradient al saturației, gradientul presiunii va fi dependent numai de diferența dintre presiunea redusă de la capetele coloanei de drenaj. Deoarece coloana este deschisă atît la capătul inferior, cît și la cel superior, iar gazele care înconjură coloana au un gradient de presiune vertical neglijabil, rezultă că gradientul presiunii în această zonă este nul. În pofida acestor observații, în zona saturată integral cu lichid există un gradient de presiune, singurul în măsură să justifice existența zonei de retenție a lichidului după atingerea stării de echilibru a procesului de drenaj. Valoarea gradientului de presiune corespunzătoare efectelor de capăt caracterizate prin anu-

larea vitezei, atunci cînd lungimea zonei saturate cu lichid devine $h_c$, este dată, conform relaţiei (1), de formula :

$$\left.\frac{\partial p}{\partial z}\right|_{z=L-h_c} = \rho g, \cdot \tag{2}$$

unde $L$ este lungimea coloanei.

Cardwell şi Parsons au admis pentru gradientul de presiune din zona saturată integral cu lichid, cînd $z \geqslant (L - h_c)$, relaţia :

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \rho g \frac{h_c}{h} \cdot \tag{3}$$

Ca urmare, ecuaţia (1) poate fi scrisă sub două forme specifice, şi anume :

$$v_n = \frac{k}{\mu}\left(\rho g - \frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}s}\frac{\partial s}{\partial z}\right), \tag{4}$$

$$v_s = \frac{k\rho g}{\mu}\left(1 - \frac{h_c}{h}\right), \tag{5}$$

unde :

$v_n$ este viteza lichidului în zona nesaturată complet cu lichid ;
$v_s$ — viteza lichidului în zona integral saturată cu lichid ;
$s$ — saturaţia în lichid.

Pentru obţinerea legii de variaţie a saturaţiei în zona parţial saturată, relaţiei (4) i se asociază ecuaţia microscopică a continuităţii scrisă astfel :

$$\frac{\partial v_n}{\partial z} = - m^* \frac{\partial s}{\partial t}, \tag{6}$$

unde :

$$m^* = m(s_{pi} - s_{pr}), \tag{7}$$

$$s = \frac{s_p - s_{pr}}{s_{pi} - s_{pr}}, \tag{8}$$

iar $s_p$, $s_{pi}$ şi $s_{pr}$ sînt saturaţiile în petrol (lichid) în zona de tranziţie, în zona saturată integral cu lichid, respectiv în zona în care gazele sînt singura fază mobilă.

Introducînd expresia (4) în ecuaţia (6), rezultă, după derivare şi gruparea termenilor, forma :

$$k\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}s}\frac{\partial^2 s}{\partial z^2} + \left(k\frac{\mathrm{d}^2 p}{\mathrm{d}s^2} + \frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}s}\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}s}\right)\left(\frac{\partial s}{\partial z}\right)^2 - \rho g \frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}s}\frac{\partial s}{\partial z} = m^* \mu \frac{\delta s}{\partial t}, \tag{9}$$

care nu poate fi soluţionată analitic decît prin efectuarea unor simplificări bazate pe neglijarea unor termeni relativ neimportanţi. În acest sens se poate ţine seama că la valori mari sau moderate ale saturaţiei, variaţia presiunii capilare este mică, iar la saturaţii mici, unde variaţia presiunii capilare este mare, procesul de drenaj poate fi dominat de valorile mici ale permeabilităţii relative a lichidului. De altfel, determinările de laborator ale presiunii capilare în domeniul valorilor mici ale saturaţiei sînt de precizie îndoielnică tocmai datorită efectului predominant al valorilor mici ale permeabilităţii relative. Observînd că chiar în cadrul experimentelor de laborator minuţioase este dificil să se diferenţieze efectele retenţiei capilare de cele ale permeabilităţii mici, în cadrul teoriei se poate renunţa la o asemenea diferenţiere. Întrucît în ecuaţia (9) termenii presiunii capilare sînt multiplicaţi cu permeabilitatea sau cu derivata acesteia, ei pot fi suprimaţi şi ca urmare această ecuaţie devine :

$$\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} = \frac{\rho g}{m^* \mu}\frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}s}\frac{\partial s}{\partial z} \cdot \tag{10}$$

Ecuaţia (10) admite soluţia :

$$s = f^{-1}\left(\frac{m^* \mu z}{\rho g t}\right), \tag{11}$$

unde $f^{-1}$ este inversa funcţiei $f(s)$ definită astfel :

$$f(s) = k_0 \frac{\mathrm{d}k_r}{\mathrm{d}s}, \tag{12}$$

pentru $k = k_0 k_r$.

Conform modelului Cardwell-Parsons, frontiera de demarcaţie a zonei saturate integral de zona saturată parţial coboară cu viteza dată de relaţia :

$$\frac{\mathrm{d}z_d}{\mathrm{d}t} = \frac{v_s - v_{nd}}{m^*(s_i - s_d)}, \tag{13}$$

în care indicele $d$ se referă la frontiera de demarcaţie, iar $v_{nd}$ şi $s_d$ sînt valorile vitezei şi saturaţiei normalizate (definită de relaţia (8)) într-un punct situat la o distanţă infinitezimală deasupra frontierei de demarcaţie.

Prin neglijarea gradientului presiunii capilare, relaţia (4) devine :

$$v_n = \frac{k\rho g}{\mu} \tag{14}$$

și, după substituire, împreună cu relația (5), în ecuația (13), duce la forma :

$$\frac{dz_d}{dt} = \frac{g}{m^* \mu} \frac{k_i \left(1 - \frac{h_c}{L - z_d}\right) - k_d}{s_i - s_d}, \quad (15)$$

în care $k_i = k(s_i)$, iar $k_d = k(s_d)$.

Pentru obținerea poziției frontului de dezlocuire în funcție de timp, prin integrarea ecuației (15), este necesar să se determine empiric atît legea de variație a permeabilității $k_d$ cu saturația, cît și înălțimea $h_c$ la care se va situa frontul de dezlocuire la atingerea stării de echilibru a drenajului. În domeniul de interes practic se poate folosi relația empirică :

$$k_r = s^b, \quad (16)$$

corespunzătoare aproximării graficului dublu-logaritmic a lui $k_r(s)$ printr-o dreaptă de pantă $b$. Ca urmare, ecuația (15) devine :

$$\frac{dz_d}{dt} = \frac{\rho g k_0}{m^* \mu} \frac{k_{ri} \left(1 - \frac{h_c}{L - z_d}\right) - \left(\frac{z_d}{ct}\right) b/(b-1)}{s_i - \left(\frac{z_d}{ct}\right) 1/(b-1)} \quad (17)$$

unde :

$$c = \frac{b k_0 \rho g}{m^* \mu}. \quad (18)$$

Întrucît ecuația (17) nu este rezolvabilă analitic, pentru soluționarea ei se poate folosi una dintre metodele de rezolvare numerică a ecuațiilor diferențiale, apelîndu-se la un computer.

Dykstra [6], pornind de la relația de definiție a factorului de recuperare $f_r$, a stabilit formula :

$$f_r = \frac{z_d}{L} \left[ \left(1 - \frac{b_{pi} s_{pr}}{b_p s_{pi}}\right) - \frac{b_{pi}}{b_p} \left(\frac{s_{pi} - s_{pr}}{s_{pi}}\right) \left(\frac{b-1}{b}\right) \left(\frac{z_d}{ct}\right) 1/(b-1) \right], \quad (19)$$

unde $b_{pi}$ și $b_p$ sînt coeficienții de volum ai petrolului inițial și actual. Această relație descrie performanța estimată a drenajului gravitațional în contextul modelului respectiv.

*Modelul Crețu.* Acest model descrie o variantă simplificată a modelului de estimare a poziției frontului de dezlocuire și a factorului de recuperare, în funcție de timp, pe baza neglijării zonei mișcării bifazice [3; 7]. În asemenea condiții, frontul de demarcație se deplasează cu viteza dată de relația (5), iar debitul de lichid drenat are expresia :

$$Q = \frac{A k \rho g}{\mu} \left(1 - \frac{h_c}{h}\right), \quad (20)$$

Pe de altă parte, producția cumulativă se exprimă astfel :

$$N_p = mA(s_{pi} - s_{pr})(L - h) \frac{1}{b_p} \quad (21)$$

și, prin derivare, duce pentru debit la relația :

$$Q = - mA(s_{pi} - s_{pr}) \frac{dh}{dt} \frac{1}{b_p}, \quad (22)$$

unde $A$ este aria suprafeței de demarcație.

Identificînd relațiile (20) și (22) rezultă ecuația :

$$\frac{h\,dh}{h - h_c} = - C dt, \quad (23)$$

care, prin integrare, definește dependența :

$$= \frac{L}{C} \left(1 - \frac{h}{L} + \frac{h_c}{L} \ln \frac{L - h_c}{L - z_d - h_c}\right), \quad (24)$$

unde :

$$C = \frac{b_p k_i \rho g}{m \mu (s_{pi} - s_{pr})}. \quad (25)$$

Pe baza substituției :

$$h = L - z_d, \quad (26)$$

relația (24) poate fi scrisă sub forma :

$$t = \frac{L}{C} \left(1 - \frac{L - z_d}{L} + \frac{h_c}{L} \ln \frac{L - h_c}{L - z_d - h_c}\right), \quad (27)$$

care definește timpul $t$ necesar ca frontul de demarcație să ajungă la o distanță $z_d$.

Ținînd seama că inițial cantitatea de lichid din coloană are valoarea :

$$N = m A L s_{pi} \frac{1}{b_{pi}}, \quad (28)$$

se obține, pentru factorul de recuperare, formula :

$$f_r = \frac{N_p}{N} = \left(1 - \frac{b_{pi} s_{pr}}{b_p s_{pi}}\right) \left(1 - \frac{L - z_d}{L}\right). \quad (29)$$

Pentru estimarea variației factorului de recuperare cu ajutorul relației (29) este necesară inversarea funcției (27). În acest sens se dau valori lui $z_d$ cuprinse în intervalul $0 < z_d < (L - h_c)$ și din relația (27) se calculează valorile corespunzătoare timpului $t$.

*Modelul Crețu-Vahedi.* Comparînd în cadrul lucrării [4] performanța drenajului gravitațional estimată pentru un sistem particular cu ajutorul modelelor Cardwell-Parsons și Crețu, s-a observat, în cazul modelului Crețu, o încetinire paradoxală a ritmului de coborîre a frontului de demarcație, asociată cu o evoluție mai rapidă a factorului de recuperare.

Pe baza acestor observații s-a reanalizat ecuația (13), stabilită de Cardwell și Parsons, și s-a constatat că definind viteza de coborîre a frontului de demarcație ca diferența dintre vitezele reale ale lichidului din zona saturată integral cu lichid, respectiv dintr-un punct din zona bifazică situat la o distanță infinitezimală față de frontul de demarcație, se obține relația:

$$\frac{dz_d}{dt} = \frac{v_s}{m^*(s_i - s_r)} - \frac{v_{nd}}{m^*(s_d - s_r)}, \qquad (30)$$

care, pentru $v_{nd} = 0$ ia, în asociere cu relația (5), forma particulară:

$$\frac{dz_d}{dt} = \frac{k_i \rho g}{m^* \mu (s_i - s_r)} \left(1 - \frac{h_c}{h}\right), \qquad (31)$$

corespunzătoare modelului Crețu descris de ecuația (23). De asemenea, se poate observa că modelul Cardwell-Parsons, definit de relația (13), nu duce, prin particularizare, la modelul Crețu. În schimb, ecuația (31), care este identică cu ecuația (23), dă prin integrare pentru saturațiile normalizate $s_i = 1$ și $s_r = 0$ (definite de relația (8)) relația (27), aferentă modelului Crețu.

Admițînd, ca și Cardwell și Parsons, că în relația (4) $dp/ds = 0$, ecuația (30), asociată cu relațiile (4), (5), (12), (16) și (18), devine:

$$\frac{dz_d}{dt} = \frac{\rho g k_0}{m^* \mu} \left[ k_{ri} \left(1 - \frac{h_c}{L - z_d}\right) - \frac{z_d}{ct} \right]. \qquad (32)$$

Pentru rezolvarea acestei ecuații diferențiale se poate folosi metoda integrării numerice Euler. Procedînd astfel, rezultă următoarea relație iterativă:

$$z_{d(j+1)} = z_{dj} + \frac{\rho g k_0}{m^* \mu} \left[ k_{ri} \left(1 - \frac{h_c}{L - z_{dj}}\right) - \frac{z_{dj}}{ct_j} \right] \tau, \quad (j = 1,2, \ldots, n), \qquad (33)$$

în care $\tau$ este pasul temporal. Inițierea calculului valorilor cotei $z_{d(j+1)}$, cu ajutorul relației (33), se poate realiza considerînd că lui $z_{d1} = 0{,}01$ m îi corespunde timpul $t_1$ determinat din relația (27).

### III. Corelarea rezultatelor experimentale cu performanța drenajului obținută prin calcul

În scopul verificării performanțelor drenajului gravitațional calculate cu modelele Cardwell-Parsons, Crețu și Crețu-Vahedi s-au realizat cinci experimente de laborator privind drenajul gravitațional unidimensional nestaționar al petrolului și respectiv al apei, în nisipuri de diferite porozități și permeabilități. Primele două experimente au avut ca obiectiv drenajul gravitațional al petrolului în prezența saturației ireductibile în apă, iar ultimele trei experimente s-au referit la drenajul gravitațional al apei.

Coloana de nisip, avînd lungimea $L = 0{,}935$ m și diametrul $d = 0{,}058$ m, a fost plasată într-un tub vertical transparent, constituit din material plastic. Proprietățile lichidului (densitatea și viscozitatea), ale rocii (permeabilitatea și porozitatea) și ale sistemului rocă-fluid (înălțimea de capăt, saturația interstițială în lichid și saturația în lichid remanent) sînt listate pentru fiecare experiment în tabelul 1.

Rezultatele experimentale obținute în cadrul celor cinci experimente de drenaj sînt prezentate în tabelele 2—6.

Datele specifice celor cinci experimente (date prezentate în tab. 1) au fost introduse consecutiv într-un program care descrie, în limbajul FORTRAN, algoritmii corespunzători modelelor Cardwell-Parsons, Crețu și Crețu-Vahedi. Pentru o mai bună apropiere a performanței calculate de cea experimentală, modelul Crețu-Vahedi a fost modificat în variantele $M1$ și $M2$ corespunzătoare grefării lui pe modelul Crețu pînă la factorul de recuperare $f_r = 40\%$, în condițiile păstrării scării proprii pentru timpul de drenaj (modelul $M1$), respectiv ale preluării scării de timp de la modelul Crețu.

Rezultatele experimentale din tabelele 2—6, împreună cu cele obținute rulînd programul menționat pe calculatorul FELIX C-256, al Centrului de calcul din Institutul de Petrol și Gaze din Ploiești, sînt prezentate grafic în figurile 1—5, sub forma variației factorului de recuperare în funcție de timp.

Graficele din figurile 1—5 arată că, exceptînd perioada finală, modelul Crețu reproduce cu foarte bună aproximare performanța reală (experimentală) a drenajului gravitațional al petrolului (fig. 1 și 2) și numai cu bună aproximare pe cea aferentă drenajului apei (fig. 3; 4 și 5). În ceea ce privește factorul final de recuperare se observă că acesta este reprodus corect pentru experimentele 1 și 5 de modelul Crețu, respectiv pentru experimentele 2 și 4

*Tabelul 1*

| Numărul experimentului | Densitatea lichidului, $\rho$, kg/m$^3$ | Viscozitatea lichidului, $\mu$, mPa·s | Permeabilitatea, $k$, D | Porozitatea, $m$ | Înălțimea de capăt, $h_c$, cm | Saturația în apă interstițială, $s_{ai}$ | Saturația în lichid remanent |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 903 | 45,161 | 193 | 0,336 | 3,5 | 0,156 | 0,004761 |
| 2 | 903 | 45,161 | 193 | 0,325 | 3,0 | 0,175 | 0,0131 |
| 3 | 1 000 | 1,0 | 231,5 | 0,329 | 2,5 | 1 | 0,10 |
| 4 | 1 000 | 1,0 | 243,1 | 0,321 | 3,5 | 1 | 0,19 |
| 5 | 1 000 | 1,0 | 448,6 | 0,320 | 2,70 | 1 | 0,09 |

**Rezultatele drenajului gravitațional al petrolului corespunzătoare experimentului 1** *Tabelul 2*

| Nr. crt. | Timpul de drenaj | | Cota $z_d$ a suprafeței libere, cm | Volumul cumulativ de petrol drenat, cm$^3$ | Factorul de recuperare, % | Debitul de petrol, cm$^3$/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | ore | | | | |
| 1 | 5 | 0,083 | 6,5 | 39 | 5,57 | 0,130 |
| 2 | 10 | 0,167 | 12 | 76 | 10,85 | 0,123 |
| 3 | 15 | 0,25 | 19 | 108 | 15,42 | 0,107 |
| 4 | 20 | 0,333 | 26 | 138 | 19,70 | 0,100 |
| 5 | 25 | 0,417 | 32,5 | 168,5 | 24,05 | 0,102 |
| 6 | 30 | 0,50 | 38 | 198,5 | 28,34 | 0,100 |
| 7 | 35 | 0,583 | 45 | 228,5 | 32,62 | 0,100 |
| 8 | 40 | 0,667 | 53 | 258,5 | 36,90 | 0,100 |
| 9 | 45 | 0,75 | 60 | 288 | 41,11 | 0,098 |
| 10 | 50 | 0,833 | 66 | 316 | 45,11 | 0,093 |
| 11 | 55 | 0,917 | 72 | 343 | 48,96 | 0,090 |
| 12 | 60 | 1,00 | 76 | 368,5 | 52,60 | 0,085 |
| 13 | 65 | 1,083 | 82 | 393 | 56,10 | 0,082 |
| 14 | 70 | 1,167 | 86 | 414,5 | 59,17 | 0,072 |
| 15 | 75 | 1,25 | 89 | 433 | 61,81 | 0,062 |
| 16 | 80 | 1,333 | 90 | 448,3 | 63,99 | 0,051 |
| 17 | 90 | 1,50 | 90 | 469,3 | 66,99 | 0,035 |
| 18 | 105 | 1,75 | 90 | 484,5 | 69,16 | 0,017 |
| 19 | 135 | 2,25 | 90 | 514,5 | 73,45 | 0,017 |
| 20 | 195 | 3,25 | 90 | 548,7 | 78,33 | 0,0095 |
| 21 | 255 | 4,25 | 90 | 573,5 | 81,84 | 0,0069 |
| 22 | 315 | 5,25 | 90 | 589,7 | 84,18 | 0,0045 |
| 23 | 435 | 7,25 | 90 | 610,7 | 87,18 | 0,0029 |
| 24 | 1 455 | 24,25 | 90 | 671,7 | 95,89 | 0,0010 |

**Rezultatele drenajului gravitațional al petrolului corespunzătoare experimentului 2** *Tabelul 3*

| Nr. crt. | Timpul de drenaj | | Cota $z_d$ a suprafeței libere, cm | Volumul cumulativ de petrol drenat, cm³ | Factorul de recuperare, % | Debitul de petrol, cm³/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | ore | | | | |
| 1 | 5 | 0,083 | 8 | 44 | 6,64 | 0,147 |
| 2 | 10 | 0,167 | 11 | 84 | 12,68 | 0,133 |
| 3 | 15 | 0,25 | 14 | 128 | 19,32 | 0,147 |
| 4 | 20 | 0,333 | 19 | 177 | 26,72 | 0,163 |
| 5 | 25 | 0,417 | 23 | 214,5 | 32,38 | 0,125 |
| 6 | 30 | 0,50 | 33 | 244,5 | 36,91 | 0,100 |
| 7 | 35 | 0,583 | 43 | 267 | 40,31 | 0,075 |
| 8 | 40 | 0,667 | 48 | 291 | 43,93 | 0,080 |
| 9 | 45 | 0,75 | 56 | 315,5 | 47,63 | 0,082 |
| 10 | 50 | 0,833 | 60 | 339 | 51,18 | 0,078 |
| 11 | 55 | 0,917 | 75 | 361 | 54,50 | 0,073 |
| 12 | 60 | 1,00 | 82 | 381 | 57,52 | 0,067 |
| 13 | 65 | 1,083 | 89 | 397,5 | 60,01 | 0,055 |
| 14 | 70 | 1,167 | 90,5 | 411,5 | 62,13 | 0,047 |
| 15 | 80 | 1,333 | 90,5 | 431 | 65,07 | 0,032 |
| 16 | 90 | 1,50 | 90,5 | 447,2 | 67,52 | 0,027 |
| 17 | 100 | 1,667 | 90,5 | 459,2 | 69,33 | 0,020 |
| 18 | 130 | 2,167 | 90,5 | 483,2 | 72,95 | 0,013 |
| 19 | 200 | 3,333 | 90,5 | 516,2 | 77,93 | 0,0078 |
| 20 | 380 | 6,333 | 90,5 | 548,2 | 82,76 | 0,0030 |
| 21 | 1 430 | 23,83 | 90,5 | 606,2 | 91,52 | 0,0009 |

**Rezultatele drenajului gravitațional al apei corespunzătoare experimentului 3** *Tabelul 4*

| Nr. crt. | Timpul de drenaj | | Cota $z_d$ a suprafeței libere, cm | Volumul cumulativ de apă drenată, cm³ | Factorul de recuperare, % | Debitul de apă, cm³/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | s | min | | | | |
| 1 | 15 | 0,25 | 14 | 90 | 11,07 | 6,00 |
| 2 | 30 | 0,50 | 35 | 181 | 22,27 | 6,07 |
| 3 | 45 | 0,75 | 53 | 278,5 | 34,27 | 6,50 |
| 4 | 60 | 1,00 | 68 | 358,5 | 44,11 | 5,33 |
| 5 | 75 | 1,25 | 84 | 454,5 | 55,92 | 6,40 |
| 6 | 90 | 1,30 | 91 | 536,5 | 66,01 | 5,47 |
| 7 | 120 | 2,00 | 91 | 578,5 | 71,18 | 1,40 |
| 8 | 720 | 12,00 | 91 | 599,5 | 73,76 | 0,035 |
| 9 | 166 320 | 2 772 | 91 | 709,5 | 87,29 | 0,00066 |

*Tabelul 5*

**Rezultatele drenajului gravitațional al petrolului corespunzătoare experimentului 4**

| Nr. crt. | Timpul de drenaj | | Cota $z_d$ a suprafeței libere, cm | Volumul cumulativ de apă drenată, cm³ | Factorul de recuperare, % | Debitul de apă, cm³/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | s | min | | | | |
| 1 | 15 | 0,25 | 23,5 | 95 | 11,98 | 6,33 |
| 2 | 30 | 0,50 | 44 | 187 | 23,58 | 6,13 |
| 3 | 45 | 0,75 | 63 | 294 | 37,07 | 7,13 |
| 4 | 60 | 1,00 | 81 | 396 | 49,94 | 6,80 |
| 5 | 75 | 1,25 | 89 | 484 | 61,03 | 5,87 |
| 6 | 90 | 1,50 | 90 | 526 | 66,33 | 2,80 |
| 7 | 120 | 2,00 | 90 | 545,5 | 68,79 | 0,65 |
| 8 | 720 | 12,00 | 90 | 564,5 | 71,19 | 0,65 |
| 9 | 18 720 | 312,0 | 90 | 610,5 | 76,99 | 0,0026 |
| 10 | 36 720 | 612,0 | 90 | 617,0 | 77,81 | 0,000019 |
| 11 | 119 520 | 1 992,0 | 90 | 620,5 | 78,25 | 0,00004 |

*Tabelul 6*

**Rezultatele drenajului gravitațional al apei corespunzătoare experimentului 5**

| Nr. crt. | Timpul de drenaj | | Cota $z_d$ a suprafeței libere, cm | Volumul cumulativ de apă drenată, cm³ | Factorul de recuperare, % | Debitul de apă, cm³/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | s | min | | | | |
| 1 | 5 | 0,083 | 16 | 66 | 8,35 | 13,2 |
| 2 | 10 | 0,167 | 22 | 124 | 15,69 | 11,6 |
| 3 | 15 | 0,25 | 33 | 186 | 23,53 | 12,4 |
| 4 | 20 | 0,33 | 41 | 248 | 31,37 | 12,4 |
| 5 | 25 | 0,42 | 49 | 307 | 38,83 | 11,8 |
| 6 | 30 | 0,50 | 57 | 367 | 46,42 | 12,0 |
| 7 | 35 | 0,58 | 68 | 434 | 54,90 | 13,4 |
| 8 | 40 | 0,67 | 77,5 | 492 | 62,24 | 11,6 |
| 9 | 45 | 0,75 | 80 | 572 | 72,36 | 12,4 |
| 10 | 50 | 0,83 | 87 | 630 | 79,70 | 11,6 |
| 11 | 55 | 0,92 | 90 | 678 | 85,77 | 9,6 |
| 12 | 70 | 1,17 | 90,8 | 699 | 88,42 | 1,4 |
| 13 | 670 | 11,17 | 90,8 | 712 | 90,07 | 0,02 |
| 14 | 83 470 | 1 391,17 | 90,8 | 720 | 91,08 | 0,0001 |

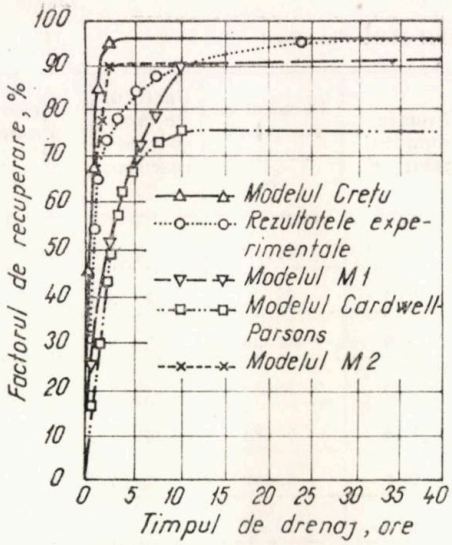



Fig. 1

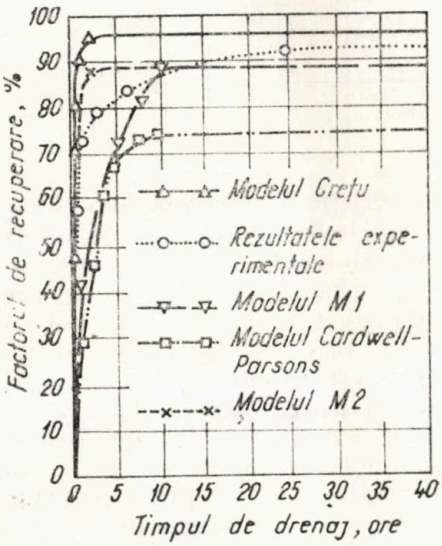



Fig. 2

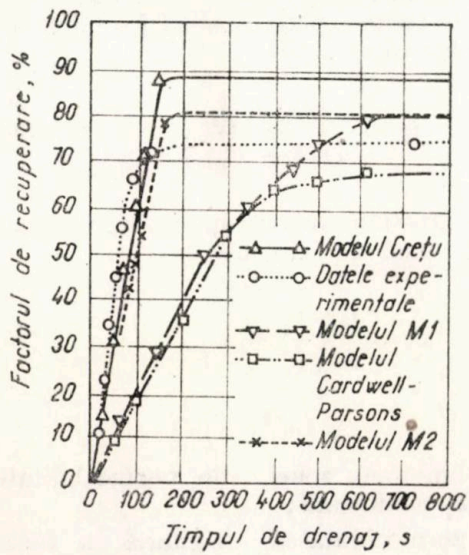



Fig. 3

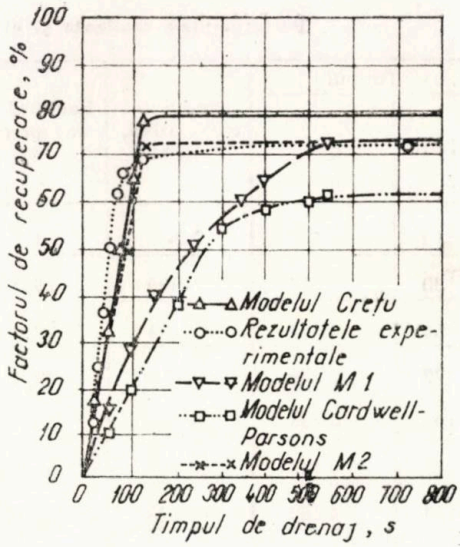



Fig. 4

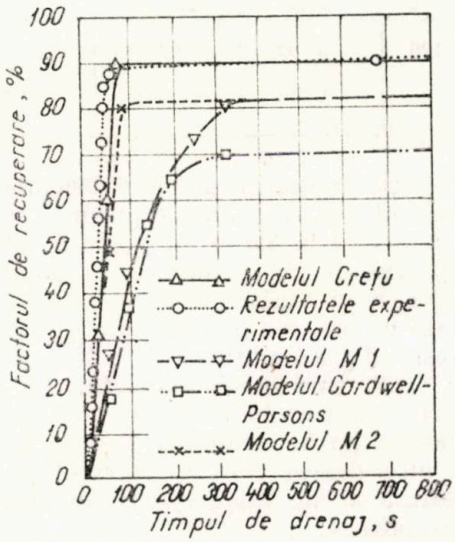



Fig. 5

de modelele $M1$ și $M2$. De asemenea, se observă că performanțele drenajului definite de modelele $M1$ și $M2$ încadrează performanța experimentală și prezintă, față de modelul Cardwell-Parsons, o îmbunătățire semnificativă a performanței estimate, îndeosebi în partea finală a procesului de drenaj.

## IV. Estimarea performanței zăcămîntului Mile Six Pool

Zăcămîntul Mile Six Pool din Peru reprezintă un exemplu tipic de zăcămînt exploatat prin menținerea presiunii cu ajutorul gazelor injectate în cupolă, în condițiile preponderenței drenajului gravitațional.

Descoperit în noiembrie 1927 (prin foraj percutant), pus în producție în noiembrie 1933 și supus unui proces de menținere a pre-

*Tabelul 7*

**Performanţele realizate şi calculate ale zăcămîntului Mile Six Pool**

| Data | Timpul | | Producţia cumulativă, Mbbl | Factorul de recuperare, % | Cota $z_d$, ft | Fracţia volumului spălat, $F$ | Factorul de recuperare calculat, % | Factorul de recuperare corectat, % | Eroarea absolută [9]—[5], % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | luni | zile | | | | | | | |
| 30.IX.1934 | 12 | 365 | 2 392 | 4,7 | 333 | 0,480 | 11,12 | 5,3 | +0,6 |
| 31.III.1936 | 30 | 913 | 8 260 | 16,1 | 781 | 0,613 | 28,22 | 17,2 | +1,2 |
| 31.I.1938 | 52 | 1 582 | 17 244 | 33,5 | 1 247 | 0,769 | 45,38 | 34,9 | +1,4 |
| 31.X.1939 | 73 | 2 220 | 21 810 | 42,4 | 1 447 | 0,840 | 50,58 | 42,5 | +0,1 |
| 30.IV.1942 | 103 | 3 133 | 24 757 | 48,2 | 1 546 | 0,878 | 53,84 | 47,3 | −0,9 |
| 30.IV.1944 | 127 | 3 863 | 26 454 | 51,5 | 1 613 | 0,901 | 55,59 | 50,1 | −1,4 |
| 30.IX.1945 | 144 | 4 380 | 27 233 | 53,0 | 1 656 | 0,913 | 56,57 | 51,6 | −1,4 |
| 31.VIII.1946 | 155 | 4 715 | 27 791 | 54,1 | 1 679 | 0,925 | 57,13 | 52,8 | −1,3 |
| 30.IX.1948 | 180 | 5 475 | 29 072 | 56,6 | 1 713 | 0,939 | 58,19 | 54,6 | −2,0 |
| 31.I.1950 | 196 | 5 962 | 29 655 | 57,7 | 1 729 | 0,945 | 58,77 | 55,5 | −2,2 |
| 31.V.1952 | 224 | 6 813 | 30 091 | 58,5 | 1 746 | 0,950 | — | — | — |

siunii prin injecţie de gaze în cupolă în decembrie 1933, zăcămîntul Mile Six Pool a produs, prin menţinerea presiunii la 5,5 MPa, peste 25 ani. Welge [8] şi Anders [5] au descris în detaliu comportarea acestui zăcămînt.

Se apreciază că succesul programului de menţinere a presiunii zăcămîntului Mile Six Pool [5] are la bază următoarele aspecte.

**a.** Continuitatea stratului productiv, valoarea mare a permeabilităţii, înclinarea favorabilă a stratului şi viscozitatea mică a petrolului, ca elemente definitorii ale existenţei unui drenaj gravitaţional efectiv.

**b.** Exploatarea zăcămîntului de către o singură societate petrolieră.

**c.** Iniţierea timpurie a procesului de injecţie a gazelor, înainte ca presiunea de zăcămînt să scadă substanţial.

**d.** Menţinerea efectivă a presiunii de zăcămînt pe întreaga structură, prin injectarea gazelor numai în cupolă.

**e.** Valorile mari ale indicelui de productivitate, capabile să asigure debite de extracţie substanţiale la căderi de presiune mici.

**f.** Disponibilitatea unor cantităţi mari de gaze necesare menţinerii efective a presiunii de zăcămînt.

**g.** Posibilităţile efective de control al raţiilor gaze-petrol cu cheltuieli moderate.

**h.** Compoziţia petrolului de zăcămînt caracterizată printr-o fracţie relativ mare de hidrocarburi uşoare, necesare vaporizării efective a petrolului la contactul cu gazele sărace injectate.

Datele de producţie înregistrate pentru acest zăcămînt, în funcţie de timp şi de cota suprafeţei gaze-petrol, sînt prezentate în tabelul 7.

Aplicarea modelelor Cardwell-Parsons, Creţu şi Creţu-Vahedi la estimarea performanţei zăcămîntului Mile Six Pool a arătat că pentru toate aceste trei modele se obţine un ritm de exploatare exagerat de mare. Apreciind că această comportare este determinată de faptul că ieşirea petrolului din sistem nu are loc pe întreaga arie a secţiunii transversale, ci prin ariile suprafeţelor sondelor, s-a introdus un factor de pseudoskin $S_p$, definit astfel încît rezistenţele hidraulice suplimentare implicate de constricţia suprafeţei de ieşire a petrolului să fie reflectate în relaţia debitului astfel :

$$Q = \frac{Ak(p_c - p_s)}{\mu L(1 + S_p)}. \qquad (34)$$

În cazul efectului skin propriu-zis, se poate arăta că factorul de skin are expresia :

$$S = \frac{L_1}{L}\left(\frac{k_2}{k_1} - 1\right), \qquad (35)$$

unde :

$L_1$ este lungimea zonei de permeabilitate $k_1$ modificată ;

$k_2$ — permeabilitatea originală a zăcămîntului.

Înglobînd acest efect pseudoskin în valoarea viscozității petrolului, se poate defini o viscozitate aparentă astfel:

$$\mu_{ap} = \mu(1 + S_p). \qquad (36)$$

Dispunînd de date reale de comportare a zăcămîntului, valoarea lui $S_p$ se poate obține, prin încercări, ca fiind acea valoare ce reproduce performanța zăcămîntului respectiv. Procedînd astfel în cazul zăcămîntului Mile Six Pool s-a stabilit că $S_p = 10$ asigură o bună concordanță între performanța reală și cea calculată cu ajutorul modelului Crețu-Vahedi. Valorile factorului de recuperare calculate în acest mod sînt prezentate în coloana 8 a tabelului 7. Aceste valori, multiplicate cu fracția $F$ a volumului de zăcămînt spălat în funcție de timp (dată în coloana 7), constituie factorul de recuperare corectat în raport cu variația ariei secțiunii transversale a zăcămîntului, în funcție de adîncime. Diferența dintre valorile corectate (prezentate în coloana 9) și valorile reale (din coloana 5) reflectă, conform coloanei 10, calitatea estimării performanței zăcămîntului cu ajutorul modelului și conceptelor preconizate.

**Bibliografie**


[1] Buckley, S. F., Leverett, M. C. *Mechanism of fluid displacement in sands.* Trans. AIME, 146, 1941.

[2] Cardwell, W. T., Parsons, R.L. *Gravity drainage theory.* Trans. AIME 174, 1984.

[3] Crețu, I. *Drenajul gravitațional unidimensional nestaționar al petrolului.* Studii și Cercet. de Mec. Aplic,. Tom 42, nr. 1, 1983.

[4] Crețu, I., Vahedi, M., Ionescu, N.M. *Unele aspecte ale recuperării petrolului prin menținerea presiunii de zăcămînt.* Sesiunea de comunicări științifice, I.P.G. Ploiești, 20—22 oct. 1988.

[5] Anders, E. L. *Mile Six Pool — an evaluation of recovery efficiency.* Trans. AIME, 198, 1953.

[6] Dykstra, H. *The prediction of oil recovery by gravity drainage.* JPT, May, 1978.

[7] Crețu, I. *Hidraulica zăcămintelor de hidrocarburi.* Vol. 1 și 2, Ed. Tehnică, 1987.

[8] Welge, H.J. *A simplified method of computing oil. recovery by gas and water drive.* Trans. AIME, 195, 1952.


# Fundamentele protecției antiexplozive și zonarea mediilor cu pericol de explozie (II)


Prof. dr. ing. **A. Pavel**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


## 2. Sursele inițierii exploziilor

1. *Considerații generale*

Pericolele de explozie (și de incendiere) pot deveni reale în diferite circumstanțe tehnologice, imposibil de inventariat în totalitatea lor. Oricum, însă, *riscurile majore* de explozie se ivesc la *manipularea** substanțelor combustibile, respectiv oxidabile, cînd acestea se prezintă sub forma *dispersiei fine* de gaze, vapori, ceață (particule fine de lichid→aerosoli), scame sau prafuri/pulberi (particule fine de solid→aerosoli), respectiv cînd concentrația lor în amestec cu aerul atinge anumite limite (*limite de explozie*) sau cînd cantitatea de amestec este periculoasă (*amestec exploziv periculos*). De fiecare dată, explozia propriu-zisă nu se produce de la sine, pentru *inițierea* sa fiind necesară existența unei eficiente *surse de aprindere*. Aceasta fiind materializată, în fracțiuni de secundă se degajă o mare cantitate de căldură și, totodată, apar flăcări generatoare de incendii (fig. 1), temperaturi înalte și, frecvent, presiuni mari, creșteri vertiginoase de presiuni, fronturi de șoc etc. Ca urmare, adeseori greu de evitat și imposibil de combătut, se înregistrează jertfe umane și accidentări de persoane, distrugeri de clădiri sau de componente și părți ale instalațiilor, aprinderea/incendierea altor substanțe combustibile (*incendii succesive*) ș.a.m.d.

**Arderea,** care este un proces fizico-chimic complex, ale cărui caracter și intensitate depind de numeroși factori — așa cum se atestă în lucrările [1, 3—5, 7, 10 etc.] —, poate fi:

— *normală*→arderea obișnuită în spații deschise sau în focare, întotdeauna însoțită de flacără (arderea lemnului, cărbunilor, lichidelor combustibile etc.);

— *lentă*→arderea, caracterizată printr-o viteză de reacție destul de mică (ruginirea, putrezirea etc.), se produce la temperatură cu mult mai joasă decît cea corespunzătoare arderilor obișnuite, normale;

— *rapidă*→în general, arderea — de tipul exploziei și detonației — survine în incinte închise (recipiente, aparate tehnologice ș.a.), viteza de propagare a flăcării — dependentă

* În sensul operării tehnologice (N.A.).

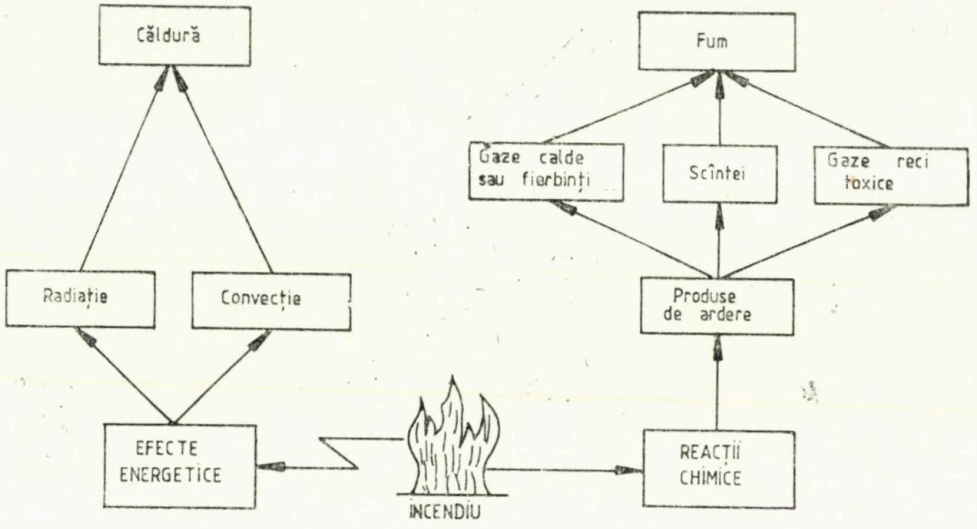



Fig. 1. Parametrii incendiului [3].

nemijlocit de viteza de reacție — fiind de ordinul a 1 000...4 000 m/s; arderea rapidă poate fi amorsată și de către o ardere lentă, întotdeauna ea degajînd căldură și lumină;

— *completă* →substanța combustibilă arde în totalitate, rezultînd produse de ardere (cu compoziție chimică simplă) care nu mai ard (bioxidul de carbon, vaporii de apă etc.) și, în cantități mici, altele care mai pot arde (oxidul de carbon, anhidrida sulfuroasă etc.);

— *incompletă* →cantitatea de aer fiind insuficientă, pe de o parte, sau în exces, pe de altă parte, amestecul format combustibil-aer nu mai poate arde în totalitate; rezultă, pe lîngă părțile rămase nearse (oxidul de carbon, negrul de fum etc.), produse de ardere mai variate, cu o compoziție chimică complexă, adesea toxice (oxidul de carbon, alcoolii, cetonele, aldehidele, acizii), capabile să ardă și, astfel, în contact cu aerul, să formeze amestecuri explozive;

— *fără flacără* →arderea violentă, aproape completă, este posibilă pe suprafețe refractare, poroase, incandescente, rezultînd temperaturi deosebit de ridicate.

Orice proces de ardere implică următoarea succesiune de *faze*: oxidarea, aprinderea și arderea propriu-zisă. În cazul *substanțelor lichide inflamabile*, inflamarea (stadiul inițial) și arderea (stadiul final) sînt posibile numai dacă substanțele respective trec, mai întîi, în starea de vapori. Evident, circumstanțele de incendiere pot fi dintre cele mai variate. Dar, ținînd seama de caracterul evaporării și de cel al formării amestecului combustibil de vapori și aer, se poate distinge:

— arderea în sisteme constructive, structuri și incinte de tipul *rezervorului atmosferic* (fig. 2 *a*);

— arderea lichidului vărsat sau deversat pe suprafețe materiale de o anumită natură și

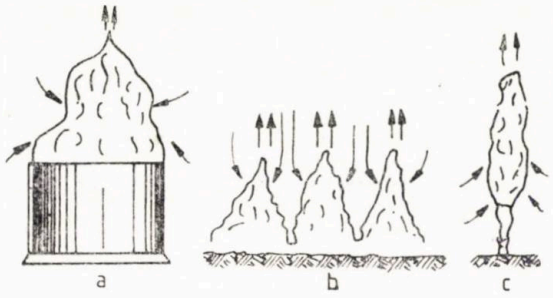



Fig. 2. Alternativele tipice ale arderii lichidelor combustibile [4]: *a* — arderea în rezervorul atmosferic; *b* — arderea într-o incintă deschisă; *c* — arderea jeturilor. N o t ă. Săgețile indică sensul curenților de aer și cel al deplasării produselor de ardere. O b s e r v a ț i e. În alternativa arderii într-o incintă deschisă *b*, este posibilă circulația inversă a curenților de aer și de produse ale arderii.

consistență (platforme betonate, platforme tehnologice, spații tehnologice și de depozitare, instalații, utilaje etc. — cînd se formează un strat relativ gros de lichid inflamabil; suprafețe poroase pe bază de nisip, zgură, pămînt etc. — cînd lichidul inflamabil se îmbibă în masa poroasă; suprafețe lichide ale rîurilor, lacurilor, mărilor etc. — cînd se formează o „peliculă" sau o „pată" mai mult sau mai puțin continuă, în mișcare preferențială), respectiv arderea lichidului deversat sau revărsat în *incinta deschisă* a instalațiilor tehnologice (fig. 2 *b*);

— arderea *jeturilor* de lichide combustibile (fig. 2 *c*).

Cele trei alternative, ilustrate sugestiv în figura 2, sintetizează majoritatea stărilor de incendiere a lichidelor combustibile, inflamabile, atît în încăperi și alte incinte închise, cît și în așa-numitul aer liber.

**Aprinderea** se definește ca fiind fenomenul chimic care se produce atunci cînd dezvoltarea

de căldură prin *oxidare* este mai intensă decît pierderea de căldură prin *propagarea* arderii în zonele imediat învecinate. Prin urmare, aprinderea unei anumite substanţe combustibile poate avea loc numai în prezenţa unei surse de căldură şi a oxigenului (din aer sau din altă sursă). Evident, în absenţa căldurii sau a oxigenului, fenomenul aprinderii nu poate surveni ca atare şi de la sine.

Principalele cauze ale aprinderii substanţelor combustibile, în general, sînt următoarele [4]:

1) acţiunea directă a *flăcării*;

2) contactul cu resturile, materiale, obiecte, componente etc. *incandescente* (chibrituri, resturi de ţigări nestinse, reşouri electrice branşate, lămpi electrice neprotejate, neconforme sau deteriorate, focuri deschise etc.);

3) efectele necontrolate ale *energiei electrice* (scînteie electrică, scurtcircuitare, încălzire sub suprasarcină a unui conductor electric, aparataj electric defect, transmitere de căldură de natură electrică, descărcări electrice atmosferice etc.);

4) efectele necontrolate ale *energiei mecanice* (flăcări, scîntei, loviri, şocuri, presiune etc.);

5) efectele *energiei radiante* (radiaţie solară mai mult sau mai puţin concentrată prin efect de lentilă, transmitere de căldură prin termoiradiere etc.);

6) efectele neprevăzute sau neaflate sub control ale unor *procese chimice* (reacţii puternic exotermice, var nestins în contact cu apa, contactare directă între acizi concentraţi — $H_2SO_4$, $HNO_3$ — cu substanţe combustibile etc.).

Varietăţile principale de aprindere sînt:

— *inflamarea* → aici înţeleasă ca fiind o ardere rapidă, într-un timp extrem de scurt, a vaporilor provenind dintr-un lichid combustibil, bineînţeles, în prezenţa oxigenului (din aer) şi într-o anumită concentraţie;

— *autoinflamarea* → aprinderea de la sine şi imediată (deci în afara contactului cu o sursă de aprindere) a unui lichid combustibil, pentru aceasta fiind suficientă doar prezenţa aerului (respectiv, a oxigenului);

— *autoaprinderea* → declanşarea arderii unei substanţe combustibile numai pe seama ridicării temperaturii sale şi aceasta fără intervenţia unei surse exterioare, aşa-zise deschise, de aprindere; evident, autoaprinderea este corelată cu autoîncălzirea, dar nu se poate confunda cu aceasta din urmă;

— *răbufnirea* → poate fi considerată — ca mod de declanşare şi efecte dinamice implicate — ca un fenomen limită al unei explozii, deci ca un caz particular al arderii → viteza de ardere este în jurul a 10 m/s, efectele materializîndu-se destul de lent.

**Explozia**, de natură chimică sau fizică, ale cărei definiţie şi semnificaţie s-au examinat în [22], poate fi: ● datorită unei presiuni interioare (într-un recipient, rezervor, aparat tehnologic, tambur, recipient-butelie etc.) prea ridicate; ● datorită eliberării intempestive, bruşte, a unei cantităţi mari de energie (cazul fisiunii şi al fuziunii nucleare); ● un rezultat neaşteptat al eliberării energiei provenite de la o oxidare rapidă; ● generată de descompunerea rapidă a anumitor substanţe; ● provocată de polimerizările necontrolate implicînd eliberarea unei cantităţi importante de energie.

La incendierea în rezervoarele cilindrice verticale *atmosferice* de tip standard a ţiţeiului şi a altor produse petroliere aşa-zise negre, se constată — uneori — că, după o evoluţie temporară relativ calmă, arderea se intensifică neaşteptat, jerba de flăcări se înviorează şi, peste bordul mantalei, o mare cantitate de lichid aprins (de ordinul zecilor de tone) „sare" în afară şi se răspîndeşte pe spaţiul din jur (radial, de ordinul zecilor de metri), complicînd mult circumstanţele şi, de regulă, implicînd extinderea zonei incendiate violent. Fenomenul nu se constată la produsele aşa-zise albe, rezultate din prelucrarea primară a petrolului brut (ţiţeiului) şi este condiţionat de prezenţa apei fie în forma *stratului* decantat pe fundul rezervorului, fie în formă de *emulsie*.

În primul caz (strat de apă decantată), fenomenul — care este mai rar — se cunoaşte sub denumirea practică de **erupţie** (proiectare — cu semnificaţie balistică), are caracterul unei explozii puternice şi se explică astfel (fig. 3): în procesul arderii, stratul superficial, încălzit, de ţiţei sau de alte lichide inflamabile/combustibile (reziduuri petroliere, păcură, şlops etc.),

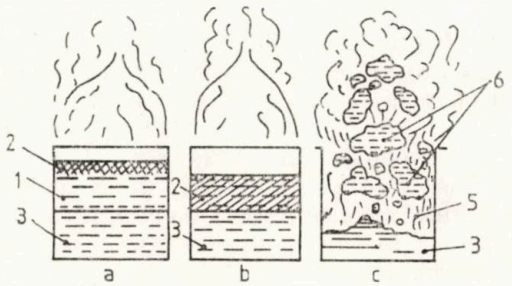



Fig. 3. Modelul fenomenului de erupţie la rezervoarele atmosferice cu hidrocarburi incendiate [4]: *a* — încălzirea stratului superficial de hidrocarburi; *b* — încălzirea masei propriu-zise a hidrocarburilor; *c* — materializarea erupţiei; *1* — masivul rece al hidrocarburilor; *2* — stratul superficial încălzit; *3* — stratul apei decantate; *4* — vaporii de apă; *5* — „pachetele" expulzate violent de hidrocarburi fierbinţi sau/şi arzînde; *6* — flăcările incendiului.

se extinde treptat în profunzime (fig. 3 *a*) şi, la un anumit moment, ajunge în contact direct cu stratul apei decantate (fig. 3 *b*); încălzindu-se repede, acesta din urmă intră într-o fierbere intensă, se generează o mare cantitate de vapori

de apă „sub presiune (hidrostatică)" și imediat survine expulzarea violentă în afară a lichidului incendiat de deasupra (fig. 3 *c*). Așadar, erupția devine posibilă ori de cîte ori se îndeplinesc următoarele condiții: ● sub masivul lichidului combustibil depozitat se află un strat de apă sau așa-numitele lentile de apă ● în timpul incendiului, lichidul depozitat se încălzește în profunzimea masei sale, formîndu-se un strat încălzit cu fronturi descendente ● temperatura acestui din urmă strat este mai mare decît temperatura de fierbere a apei. Evident, absența unuia dintre factorii enumerați exclude alternativa fenomenului de erupție.

În al doilea caz (apă în emulsie), fenomenul — care este mai frecvent — se cunoaște sub denumirea practică de **fierbere,** se finalizează printr-o deversare mai mult sau mai puțin calmă, peste bordul mantalei, a țițeiului sau produselor petroliere negre (fig. 4), este precedat de o ardere

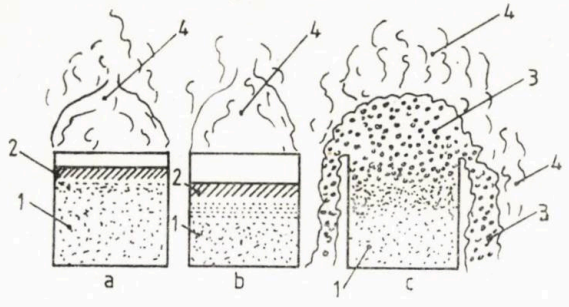



Fig. 4. Modelul fenomenului de fierbere la rezervoarele atmosferice cu hidrocarburi incendiate [4]: *a* — încălzirea stratului superficial de hidrocarburi; *b* — extinderea în profunzime a încălzirii de durată a stratului superficial de hidrocarburi; *c* — fierberea propriu-zisă; *1* — masivul rece al hidrocarburilor cu apă în stare de emulsie; *2* — stratul superficial încălzit; *3* — lichidul „spumat" deversat; *4* — flăcările incendiului.

superficială mai îndelungată și se anunță printr-un zgomot caracteristic (zguduirea rezervorului propriu-zis, asociată cu foșnetul „spumării" lichidului depozitat), respectiv prin extinderea dimensiunilor flăcărilor. Atenție mare! Fierberea se poate datori, de asemenea, apei și spumei care se aruncă pe suprafața lichidului inflamat în timpul intervențiilor de combatere a incendiului.

Cum se constată de fiecare dată în practică, orice explozie (cu sau fără incendiu) este consecința efectelor cumulate aleatoriu ale unei (unor) cauze tehnice, pe de o parte, și ale unor împrejurări sau circumstanțe create prin neglijențe, lipsă de prevedere sau precauție și nerespectarea — mai puțin sau mai mult — a prescripțiilor tehnice de exploatare, respectiv a normelor PSI (de prevenire și stingere a incendiilor), pe de altă parte. Cauzele tehnice, de tipul unor *impulsuri* de inițiere și de natură fizico-mecanică, chimică, biologică, atmosferică etc. pot fi *directe* (cu acțiune nemijlocită asupra substanței inflamabile) sau *indirecte* și includ (într-o enumerare nepreferențială) [2, 4, 7, 10, 14, 17—21]: suprafețele/corpurile fierbinți, încinse sau incandescente; flăcările (focul deschis) și gazele fierbinți; energia termică; scînteile produse pe cale mecanică; energia mecanică transformată în căldură prin acțiuni (mecanice) de frecare, lovire, izbire, presare → presiune, șoc ș.a.; energia electrică și instalațiile electrice, inclusiv scînteile electrice, scurtcircuitul și arcul electric; circuitele electrice parazitare și protecția catodică; electricitatea statică; descărcările electrice atmosferice, inclusiv trăznetul; undele electromagnetice (în domeniul frecvențelor de $1 \cdot 10^4 \ldots 3 \cdot 10^{12}$ Hz, respectiv cu lungimi de undă de la 30 km pînă la 0,1 mm → *frecvență înaltă* sau în domeniul frecvențelor $3 \cdot 10^{11} \ldots 3 \cdot 10^{15}$ Hz, respectiv cu lungimi de undă de la 1 000 m pînă la 0,1 m → *spectrul optic*); radiațiile ionizante; ultrasunetele; comprimarea (compresia) adiabată, unda de șoc și, respectiv, vehicularea anumitor gaze; reacțiile chimice; sudarea; energia solară; sulfura de fier etc.

2. *Suprafețele și corpurile fierbinți, încinse sau incandescente*

Atunci cînd un amestec exploziv se află în contact nemijlocit cu o suprafață fierbinte (a unei conducte, a unui aparat tehnologic, a unui tambur de cazan etc.) sau cu un corp încins (tablă, placă etc.), evident, poate surveni o aprindere. Capacitatea de aprindere a suprafeței fierbinți și corpului încins depinde, însă, de natura substanței și de concentrația sa în amestecul cu aer, fiind crescătoare cu ridicarea temperaturii și extinderea ariei suprafeței de contact. În condițiile contactului prelungit cu suprafața fierbinte, putîndu-se amorsa reacții generatoare de așa-numitele flăcări reci, se pot forma produse de cracare cu temperatură de aprindere mai joasă, ceea ce va favoriza inflamarea amestecurilor inițiale.

Dar temperatura de aprindere mai depinde, în acest caz, de mărimea și forma corpului încins, de modul amplasării sale, respectiv — în măsură determinată — de materialul de construcție pus în operă. Astfel, pentru a se provoca aprinderea de către corpurile fără pereți concavi, temperatura pereților corespunzători trebuie să fie mai ridicată, la structurile sferice și tubulare rectilinii ea crescînd proporțional cu creșterea diametrului. Cînd amestecul exploziv se prelinge în lungul unui perete încins, durata contactului fiind scurtă, și temperatura de aprindere poate fi mai ridicată.

În afară de suprafețele fierbinți astfel condiționate prin funcționalitatea lor tehnologică (corpuri de încălzire, dulapuri de uscare, plăci fierbătoare ș.a.), temperaturi periculoase pot

*Tabelul 8*

**Caracteristicile fizico-chimice și termodinamice ale gazelor petroliere lichefiate (GPL) [6]**

| Indicatorul | Gazele petroliere lichefiate (GPL) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | etan | etilenă | propan | propilenă | normal-butan | izobutan | normal-butilenă | izobutilenă |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Formula chimică | $C_2H_6$ | $C_2H_4$ | $C_3H_8$ | $C_3H_6$ | $C_4H_{10}$ | $C_4H_{10}$ | $C_4H_8$ | $C_4H$ |
| Masa moleculară | 30,07 | 28,05 | 44,09 | 42,08 | 58,12 | 58,12 | 56,10 | 56,10 |
| Compoziția masică, în % : | | | | | | | | |
| hidrogen | 20,12 | 14,38 | 18,30 | 14,38 | 17,3ɔ | 17,35 | 14,38 | 14,38 |
| carbon | 79,88 | 85,62 | 81,70 | 85,62 | 82,65 | 82,65 | 85,62 | 85,62 |
| Densitatea : | | | | | | | | |
| gazului, în kg/m³ | 1,36 | 1,26 | 2,00 | 1,91 | 2,70 | 2,67 | 2,55 | 2,50 |
| lichidului (la 0°C și 760 mm Hg), în kg/l | 0,546 | 0,335 | 0,528 | 0,545 | 0,600 | 0,582 | 0,619 | 0,616 |
| Constanta specifică a gazelor, în J/(kg·grd) | 276,65 | 296,46 | 184,37 | 194,17 | 140,24 | 140,24 | 148,08 | 148,08 |
| Temperatura, în °C : | | | | | | | | |
| de fierbere (la 760 mmHg) | −88,5 | −103,7 | −42,1 | −47,0 | −0,5 | −10,2 | −6,3 | −6,3 |
| de solidificare | −172,1 | −169,4 | −189,9 | −185,2 | −135,0 | −145,0 | −130,0 | −146,0 |
| critică | 32,3 | 9,8 | 95,7 | 91,6 | 152,8 | 134,0 | 144,0 | 143,0 |
| Căldura masică, în kcal/(kg·grd) ; | | | | | | | | |
| la 0°C și presiune constantă | 0,39 | 0,35 | 0,37 | 0,3ꝑ | 0,38 | 0,38 | 0,35 | 0,38 |
| la 0°C și volum constant | 0,33 | 0,28 | 0,32 | 0,29 | 0,35 | 0,35 | 0,319 | 0,34 |
| Exponentul adiabatic la 0°C și 760 mm Hg | 1,20 | 1,26 | 1,14 | 1,17 | 1,09 | 1,09 | 1,11 | 1,11 |
| Căldura de combustie, inferioară, a gazului : | | | | | | | | |
| kcal/kg | 11 349 | 11 272 | 11 079 | 10 942 | 10 929 | 10 930 | 10 831 | 10 778 |
| kcal/m³ | 15 226 | 14 107 | 21 795 | 20 541 | 28 338 | 29 560 | 27 111 | 27 111 |
| kcal/l | 5 369 | 3 776 | 5 849 | 5 963 | 6 557 | 6 361 | 6 704 | 6 826 |
| Căldura latentă de vaporizare la 0°C și 760 mm Hg, în kcal/kg | 116 | 115 | 90,7 | 105 | 91,8 | 84,9 | 98 | 95 |
| Volumul de vapori pentru 1 kg de gaz lichefiat la 0°C și 760 mmHg, în m³ | 0,74 | 0,80 | 0,50 | 0,52 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,40 |
| Idem pentru 1l de gaz lichefiat, în m³ | 0,31 | 0,27 | 0,26 | 0,29 | 0,22 | 0,28 | 0,24 | 0,25 |
| Cantitatea teoretic necesară pentru arderea gazului, în m³/m³, de : | | | | | | | | |
| aer | 16,66 | 14,28 | 23,80 | 22,42 | 30,94 | 30,94 | 28,56 | 28,56 |
| oxigen | 3,5 | 3,0 | 5,0 | 4,5 | 6,5 | 6,5 | 6,0 | 6,0 |
| Volumul produselor de ardere pentru $\alpha = 1$ (coeficientul excesului de aer), în m³ : | | | | | | | | |
| $CO_2$ | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| $H_2O$ | 3,0 | 2,0 | 4,0 | 3,0 | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 4,0 |
| $N_2$ | 13,16 | 11,28 | 18,80 | 16,92 | 24,44 | 24,44 | 20,68 | 20,68 |
| Total | 18,16 | 15,28 | 25,80 | 22,92 | 33,44 | 33,44 | 28,68 | 28,68 |
| Temperatura maximă a flăcării gazului, în °C | 2 115 | 2 343 | 2 155 | 2 254 | 2 130 | 2 118 | 2 210 | 2 080 |
| Temperatura de inflamabilitate, în°C | 530 . . .694 | 510 . . .543 | 530 . . .588 | 475 . . .550 | 490 . . .569 | 490 . . .570 | 445 . . .500 | 400 . . .440 |
| Cifra octanică | 125 | 81 | 180 | 115 | 93 | 99 | 105 | — |

(*Continuare tabelul 8*)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Limitele de explozie (inflamabilitate), în amestec cu aerul, la 0°C și 760 mm Hg, în %: | | | | | | | | |
| inferioară | 3,20 | 2,75 | 2,30 | 2,00 | 1,86 | 1,90 | 1,70 | 1,70 |
| superioară | 12,50 | 28,60 | 9,50 | 11,10 | 8,41 | 8,40 | 9,00 | 9,00 |
| Compoziția (participația) gazului în amestecul gaz-aer cu viteză maximă de propagare a flăcării, în %vol. | 6,53 | 7,20 | 4,71 | — | 3,66 | 3,66 | — | — |
| Viteza maximă de propagare a flăcării în tubulatura cu diametrul de 1 in = =25,4 mm, în m/s | 0,86 | 1,42 | 0,82 | — | 0,83 | 0,83 | — | — |
| Coeficientul de conductivitate termică, în kcal/(m·h·grd), pentru componenții: | | | | | | | | |
| în stare de vapori | 0,015 | 0,014 | 0,013 | — | 0,012 | 0,012 | — | — |
| în stare lichidă | — | — | 0,100 | — | 0,110 | 0,110 | — | — |

atinge de asemenea: suprafețele metalice solicitate prin acțiuni mecanice de tip strunjire, alezare, frezare, găurire etc.; echipamentele care transformă energia mecanică în căldură (toate tipurile de ambreiaje cu frecare, frînele mecanice ale vehiculelor și centrifugelor etc.); componentele rotative din lagăre, cutii de etanșare, ghidajele axelor rotitoare etc., atunci cînd sînt unse în mod necorespunzător; piesele în mișcare aflate în carcase strîmte sau în contact cu corpuri străine; axele aflate în mișcări forțate sau îngrădite de deplasare; arborii aflați în mișcări nelejere de rotație ș.a.m.d.

### 3. *Flăcările (focul deschis) și gazele fierbinți*

Flacăra se definește ca fiind masa de gaze care dezvoltă căldură, adeseori însoțită de fenomene luminoase, ca urmare a unor reacții chimice puternic exotermice care se propagă rapid la circa 1 000°C și mai mult. Flacăra poate fi *neutră* (ardere fără exces de aer sau de combustibil), *oxidantă* (ardere cu exces de oxigen, deci completă, generatoare de temperaturi înalte), *reducătoare* (ardere cu exces de combustibil), *oxiacetilenică* (ardere de acetilenă cu oxigen → → pînă la 3 100°C), *oxihidrică* (arderea hidrogenului în amestec cu oxigenul → pînă la 3 500°C), oxigaz etc. Ca produse de reacție apar gazele fierbinți și — în cazul prafurilor/pulberilor — particulele solide incandescente sau flăcările cu funingine. Evident, atît flăcările propriu-zise, cît și produsele de ardere (reacție), fierbinți, pot aprinde amestecurile explozive. De altfel, chiar și atunci cînd sînt de dimensiuni foarte mici, flăcările se numără printre sursele de aprindere cele mai eficiente, mai ales dacă sînt generate prin combustia de de gaze lichefiate (tab. 8)*.

Atunci cînd în interiorul sau în exteriorul unui aparat tehnologic, recipient, rezervor etc., de asemenea în zonele apropiate, există o atmosferă explozivă, în condițiile unei aprinderi undeva, într-un anumit punct, flacăra se va putea propaga prin orificii (de exemplu prin tubulaturile de aerisire) dintr-o zonă în alta. Evident, blocarea unei asemenea propagări impune adoptarea unor soluții constructive speciale de protecție [23].

### 4. *Energia termică*

Cum se cunoaște, transmiterea căldurii de la un element, corp sau sistem fizic la altul se face — de la caz la caz — prin conductivitate termică, prin convecție, prin radiație termică (termoiradiație) sau mixt.

Conductele tehnologice, termoenergetice sau cu altă destinație industrială, de asemenea barele și grinzile metalice, atunci cînd sînt încălzite puternic, degajă — prin *termoconductivitate* — o cantitate de căldură suficientă pentru a iniția aprinderea substanțelor și materialelor combustibile cu care vin în contact nemijlocit.

Transmiterea de căldură prin *convecție* este caracteristică numai mediilor lichide și gazoase,

* Chiar în condițiile unei contactări de scurtă durată (de la cîteva fracțiuni de secundă pînă la cîteva secunde), flacăra de gaze lichefiate provoacă arsuri grele, profunde, ale zonelor neacoperite ale corpului uman. Acțiunea de durată a flăcării de gaze lichefiate incendiază structurile combustibile și distruge structurile incombustibile metalice — neprotejate antifoc — în decurs de numai 15...20 min [6]. Distruge, de asemenea, structurile din beton armat.

energia termică „transportîndu-se", în principal, pe seama deplasării particulelor încălzite. Gazele încălzite la temperaturi corespunzător de ridicate pot aprinde, practic, substanțele combustibile.

Fiind un proces de transmitere a energiei sub formă de unde electromagnetice, *termoiradiația*, atunci cînd ajunge la un element, corp sau sistem tehnic, îi cauzează încălzirea. Se știe [24] că radiațiile termice pot aprinde materialele și substanțele combustibile chiar și la distanțe mari față de sursa termică.

5. *Scînteile produse pe cale mecanică*

Scînteile așa-zise *mecanice*, ca particule incandescente (cu diametrul de 0,1 . . .0,5 mm) care se desprind dintr-un corp metalic sau nemetalic, constituie *surse punctuale* de inițiere a inflamării printr-un impuls termic.

În procesele mecanotehnologice de frecare, șlefuire și lovire se pot desprinde particule de materiale solide care, pe seama energiei consumate în operația de separare, se încălzesc la temperaturi ridicate. Cînd sînt constituite din substanțe oxidabile (pe bază de fier → oțeluri, fonte, fier tehnic), particulele respective pot atinge — ca urmare a fenomenului de oxidare — temperaturi cu mult peste 1 000°C și, astfel, devin *scîntei*. De regulă, însă, asemenea scîntei au o capacitate limitată de aprindere, putînd iniția aprinderi doar în cazul vaporilor și gazelor din clasa celor inflamabili(le) — cu energie de aprindere *minimă* de 0,1 mJ = 0,0001 W·s — —și, de asemenea, în cazul anumitor amestecuri de aer-praf/pulbere [în mod special amestecuri de aer-praf/pulbere metalic(ă)]. La prafurile/pulberile depuse sau depozitate, pe seama scînteilor se pot forma *cuiburi incandescente* care, apoi și oricînd, pot deveni surse de inițiere a aprinderii atmosferelor explozive.

Lovirea puternică (cu o energie ⩾200 J) a unui element din oțel dur cu(de) un alt element metalic, de asemenea dur sau foarte dur, și utilizarea de discuri tăietoare constituie, fiecare în parte, surse generatoare de scîntei avînd o energie cu mult mai mare decît cea de aprindere menționată anterior. Scîntei cu o capacitate mai mare de inițiere a aprinderii se pot forma și pentru loviri/lovituri mai ușoare (cu energie de ordinul a 1 J) ale unui material dur oarecare de(cu) oțelul ruginit, cu condiția ca — în locul de izbire — să existe urme de aluminiu sau de magneziu. Chiar și uneltele de lovire din așa-zisele materiale antiscîntei (cupru, monel, bronz de beriliu etc.) pot genera asemenea scîntei. O aprindere eficace poate fi inițiată și prin reacția de aluminotermie (oxid de fier/aluminiu), cantitatea de aluminiu sau de magneziu — participantă la reacție — netrebuind să fie mai mare de 0,001 g.

Perlele (brocurile, stropii) de sudură, formate în timpul tuturor proceselor de sudare sau de tăiere (oxigaz sau cu arc electric), fac parte din categoria scînteilor cu suprafață foarte mare și, deci, se constituie în cele mai eficiente surse punctuale de aprindere.

6. *Energia mecanică*

Anterior s-a relevat de mai multe ori că energia mecanică, transformată în căldură prin acțiuni (mecanice) de frecare, lovire, izbire, presiune, șoc ș.a., poate constitui o cauză determinantă pentru aprinderea substanțelor combustibile, în general, și volatile, în particular. Pe lîngă generarea de scîntei cunoscută (§5), se mai exemplifică — în același sens — lovirea palelor elicelor ventilatoare de carcasele lor din oțel, izbirea blacheurilor din oțel (ale încălțămintei) de piese metalice sau de pardoseala cimentată sau din mozaic etc.

Datorită unor defecțiuni în funcționare, frecarea puternică și îndelungată, urmată de încălziri corespunzătoare, poate apărea la roțile/rolele transportoarelor cu bandă, la curelele de transmisie căzute pe axe, la benzile transportoare propriu-zise, de asemenea la prelucrarea mecanică a celuloidului și a alto materiale plastice.

7. *Energia electrică și instalațiile electrice*

În condițiile proceselor tehnologice moderne, industrializate, curentul electric poate iniția și chiar întreține aprinderea substanțelor combustibile și inflamabile ori de cîte ori instalațiile electrice (de iluminat și forță) din zonele cu pericol de explozie nu sînt executate și exploatate potrivit documentelor normative în vigoare [12]. Aici, prin *instalații electrice* se înțeleg mijloacele de producție individuale sau interconectate care produc, transformă, depoz-i tează, transportă, distribuie, măsoară, comandă sau consumă energie electrică.

Oricare instalație electrică poate provoca un incendiu sau o explozie, dacă ea se supraîncălzește sau produce scîntei (electrice), arc electric sau scurtcircuite, bineînțeles, în medii explozive (de vapori, gaze, praf/pulbere, ceață, scame) sau în prezența nemijlocită a unor substanțe combustibile → inflamabile. Astfel, pentru inflamarea aerului conținînd 4 . . .5 %vol. benzină este suficientă intensitatea *minimă* a curentului electric de numai 2 mA. O scînteie electrică cu această ultimă intensitate minimă, generată la descărcarea de electricitate statică, poate — pentru o diferență de potențial egală cu 300 V — să inflameze benzenul.

**Supraîncălzirea.** Se cunoaște că, la trecerea curentului electric prin elementele conductoare, ca urmare a rezistenței opuse, elementele respective se încălzesc, energia electrică transformîndu-se în căldură potrivit legii Joule-Lenz (implicînd efectul Joule-Lenz).

Așadar, în condițiile de suprasarcină, căldura degajată local prin supraîncălzirea instalației este pe deplin suficientă și capabilă să aprindă substanțele combustibile/inflamabile din imediata apropiere. În plus, supraîncălzirea de conductori electrici implică deteriorarea izolației lor prin crăpare și desprindere, facilitîndu-se astfel apariția de scurtcircuite.

În principal, supraîncălzirile se datoresc: ● supraîncărcării circuitelor (racordarea de mai mulți consumatori decît cei prevăzuți prin proiect); ● rezistenței electrice mari, ca urmare a folosirii de siguranțe supradimensionate; ● improvizării de instalații electrice; ● utilizării frecvente a conductorilor de aluminiu și îmbinării acestora cu cei de cupru (în prezența umidității, elementul galvanic astfel format accelerează corodarea superficială a materialului de îmbinare, creează o rezistență de trecere și, prin urmare, implică degajarea de căldură).

De altfel, îmbinările între metale diferite (de ex. cupru și aluminiu) trebuie protejate cu atenție împotriva umidității și a contactării directe cu vaporii substanțelor agresive (corosive etc.). Pentru eliminarea riscului de formare a așa-numitei rezistențe de trecere, se recomandă insistent ca, la îmbinări, să fie folosite numai cleme din cupru.

Atenție! O siguranță „reparată" și necontrolată pe stand, implicînd supradimensionarea sa, nu poate înlătura curentul de scurtcircuit și, ca urmare, conductorii se supraîncălzesc și apare pericolul de incendiu → explozie (fig.1).

**Scînteia electrică.** Unul dintre impulsurile de inflamare și explozie cele mai frecvente, în circumstanțele instalațiilor tehnologice industriale moderne, îl constituie scînteia electrică, a cărei temperatură este cu mult mai mare decît cea de inflamare a substanțelor combustibile.

Propriu-zis, scînteia electrică este un scurtcircuit — între electrozi (cînd se formează un „canal" conductor, cu temperatură ridicată, care poate aprinde facil un amestec exploziv), între două conductoare neizolate (sau desizolate!) sau între două contacte — ,dar ea se poate produce și la întreruperea unor circuite. De obicei, scînteile electrice se clasifică în:

— *funcționale* → cele care se produc la închiderea și deschiderea întrerupătoarelor, la introducerea în și scoaterea din priză a fișelor, la inelele mașinilor electrice, la locurile de contact ale căilor ferate electrificate etc.; asemenea scîntei pot fi anihilate prin măsuri tehnice adecvate de protecție;

— *întîmplătoare* sau de deranjament → cele produse în îmbinările defectuoase, la străpungerea izolatorilor, la întreruperea conductorilor electrici, la formarea de scurtcircuite etc.

**Arcul electric.** Fiind o descărcare continuă între doi electrozi sub tensiune (înaltă sau joasă), arcul electric emite radiații termice cu temperaturi foarte ridicate (3 000°C) și *aprinde* substanțele, materialele și obiectele combustibile din apropiere, *topește* conductorii metalici, *distruge* izolatorii ceramici etc. Se menționează că, pentru inflamarea benzinei și a altor vapori de lichide volatile similare, cantitatea de energie minimă, necesară, este de numai 0,0005 J.

**Scurtcircuitul.** Dacă, dintr-o cauză oarecare (defect de izolație etc.), doi conductori ajung în contact nemijlocit, atunci curentul trece dintr-unul în celălalt și, astfel, stabilindu-se — prin așa-zisul punct de contact — un curent de derivație cu intensitate mare, se produce scurtcircuitul cu flamă sau cu arc voltaic. Ca urmare a curenților de scurtcircuit, deranjamentele survenite în instalațiile electrice se materializează prin efecte mecanice și termice; intensitatea curentului crescînd cu mult peste cea normală, efectele respective se constituie în cauze determinante puternice, generatoare de incendii și explozii în mediile cu amestecuri periculoase implicînd vapori, gaze sau pulberi de substanțe combustibile.

### 8. *Circuitele electrice parazitare și protecția catodică*

Temporar sau pe durate mai mult sau mai puțin îndelungate, prin instalațiile electrice sau numai prin unele dintre părțile acestora se pot „drena" curenți de scurgere, aceștia denumindu-se *curenți parazitari*.

La instalațiile *generatoare de curent* (pentru căile ferate electrificate, pentru agregatele mari destinate sudării etc.) care sînt prevăzute cu componente montate în pămînt, avînd conductivitate electrică bună (șine, țevi sau înveliș uri de cabluri), rezistența căilor curentului invers se micșorează ca urmare a: ● punerii la pămînt și a punerii la masă (în cazul defecțiunilor în instalația electrică); ● inducției (în apropierea instalațiilor electrice de intensitate mare, de asemenea la frecvențe înalte) și ● trăsnetului. Evident, cînd astfel de componente (sau părți) se separă, se unesc sau se sudează, este posibilă — chiar pentru diferențe mici de potențial — formarea de scîntei electrice, acestea putînd aprinde o atmosferă explozivă. Asemenea aprinderi mai sînt posibile și prin încălzirea respectivilor conductori de curent.

La instalațiile de *protecție anticorosivă catodică*, a căror alimentare cu curent electric se asigură din exterior, pericolele de aprindere sînt potențiale în timpul folosirii lor. Înlocuirea anozilor uzați nu implică, însă, pericolele aprinderii prin scîntei electrice.

### 9. *Electricitatea statică*

În cazul lichidelor combustibile și al vaporilor/gazelor acestora, care — în marea lor majoritate — sînt *medii dielectrice*, electrizarea statică

(lichidul → pozitiv ; gazele/vaporii și metalul → negativ) prezintă un imens pericol ori de cîte ori nu este asigurată punerea la pămînt, deoarece ea implică acumularea de sarcini cu potențial uneori chiar de peste 30 000 V. Or, sarcinile cu potențial de numai 300 V pot forma scîntei electrice, la 1 000 V se inflamează benzina, la 3 000 V se aprind aproape toate gazele combustibile și la 5 000 V se aprînd cele mai multe dintre prafurile/pulberile combustibile. Din fericire, sarcina curentului electric fiind foarte redusă la descărcările de electricitate statică, descărcările respective nu sînt periculoase ca atare pentru oameni.

Mărimea sarcinii electrostatice mai depinde și de anumite condiții ambientale (presiune, temperatură, umiditate etc.). Bunăoară, pentru o umiditate relativă a aerului de peste 85% și o temperatură de peste 45°C, sarcinile electrostatice nu se mai acumulează.

Cînd este vorba de *hidrocarburi* și alte substanțe combustibile, sarcinile electrostatice iau naștere ;

— la *încărcarea* lichidelor în rezervoare, cisterne și ambalaje metalice, pericolul maxim revenind încărcării prin cădere liberă a lichidelor ușor inflamabile (benzine, petrol lampant etc.) ; în aceste condiții, potențialul sarcinii crește pînă la 10 000 . . .18 000 V ;

— la *vehicularea* (scurgerea) lichidelor prin țevi, tubulaturi, conducte și, de asemenea, în aparate tehnologice și alte utilaje, cînd sarcinile electrostatice cresc o dată cu viteza de vehiculare (scurgere) ; de altfel, se recomandă ca această ultimă viteză să nu depășească 0,5 m/s ;

— la *pulverizarea* lichidelor sau la *barbotarea* lor cu gaze sau aer ; evident, cu cît mai intensă este pulverizarea sau barbotarea, cu atît mai puternică este și sarcina electrostatică acumulată ;

— la *transportul* de lichide în butoaie, cisterne, canistre etc. ; de această dată, pericolele deosebite revin operației de descărcare/golire a lichidelor deja electrizate ;

— la *trecerea* lichidelor prin medii poroase sau prin plase ; bunăoară, după numai 2 min, benzina care străbate un filtru de pămînt, așezat pe o plasă textilă, capătă o sarcină la un potențial de 1 200 V ;

— în procesele de *măcinare* și *cernere* a substanțelor solide (materiale plastice etc.) ;

— la viteze mari de *vehiculare* prin conducte și de scurgere, în cazul gazelor ; astfel, la impactul jetului de gaze (metan) care iese dintr-o conductă cu o tablă metalică avînd punere la pămînt, potențialul poate atinge nivelul de 6 000 V ;

— pe *componentele mobile* ale unor mașini și, de asemenea, pe *curelele de transmisie* ; descărcările posibile de această dată în mediile de gaze, vapori sau prafuri/pulberi combustibile corespund unor potențiale care ajung pînă la 30 000 V.

Ca urmare a proceselor de *separare*, în care participă cel puțin o substanță care se poate încărca cu electricitate statică, în anumite condiții, se pot genera aprinderi prin descărcarea electricității respective. Evident, scînteile astfel formate sînt capabile să aprindă părți din instalațiile conductibile izolate (dar încărcate electrostatic).

În cazul elementelor din materiale *neconductibile* (cazul majorității materialelor sintetice) și din alte materiale, încărcate electrostatic, descărcările electrice pot fi *concomitente* pe întreaga suprafață (mănunchi) sau *concentrate* (mănunchi alunecător) (situații speciale cu procese rapide de separare → foliile plastice față de valțuri, curelele de transmisie ș.a.). Descărcările *mănunchi* (pe toată suprafața) pot iniția aprinderi numai în amestecurile explozive de gaze/vapori. În schimb, avînd o energie mai mare, descărcările *mănunchi alunecător* (concentrate) pot aprinde și amestecurile explozive de praf(pulbere)—aer și de ceață—aer.

### 10. *Trăsnetul*

Ori de cîte ori trăsnetul cade într-o atmosferă explozivă, atmosfera respectivă se aprinde. Prin încălzire, locul de scurgere a trăsnetului constituie, de asemenea, o cale de inițiere a aprinderii. Din punctul penetrării trăsnetului pornesc curenți puternici în toate direcțiile și aceștia pot genera scîntei inflamabile.

*Trăsnetul liniar* are o capacitate distructivă uriașă, caracterizîndu-se prin : tensiunea între nori și pămînt → 10 . . .150 MW ; curentul → pînă la 200 000 A ; puterea echivalentă maximă → 10 000 mil.kW ; durata → 100 μs ; lungimea (scînteii) → sute și mii de metri ; temperatura → 6 000 . . .10 000°C.

Descărcările electrice atmosferice (trăsnetele) pot provoca incendii în depozitele de hidrocarburi și de solvenți, de asemenea în oricare instalație tehnologică ce lucrează cu substanțe combustibile → inflamabile. Energia convertită în căldură și în alte forme de manifestare violentă (forțe etc.) este așa de mare, încît metalele sînt topite, zidurile sînt dărîmate, pilonii sînt sparți în țăndări, capacele de rezervoare sînt săltate etc.

### 11. *Undele electromagnetice de frecvență înaltă*

Undele electromagnetice pornesc de la toate instalațiile care, într-un fel sau altul, furnizează și folosesc energie electrică de frecvență înaltă (instalații de înaltă frecvență → stații de radio-

emisie, generatori industriali de înaltă frecvenţă pentru încălzit, uscat, călit, detensionat, sudat, tăiat etc.).

Aflate în cîmpul radiant, toate elementele conductoare acţionează ca nişte antene de recepţie şi, la o putere suficient de mare a cîmpului, asociată cu dimensiunea corespunzătoare a aşa-zisei antene de recepţie, ele pot cauza aprinderea unor atmosfere explozive. Bunăoară, energia de înaltă frecvenţă recepţionată poate genera încălzirea unor sîrme subţiri sau, întrerupînd părţile conductoare — în alternativele de conectare — , poate produce scîntei.

Cînd cîmpurile de înaltă frecvenţă sînt deosebit de puternice (de ex. cazul apropierii generatoarelor de înaltă frecvenţă cu capacitate mare), se pot încălzi chiar şi elementele/componentele/părţile neconductibile, acestea devenind astfel surse potenţiale de aprindere.

Atenţie! Pentru o lungime de undă dată şi o anumită putere de înaltă frecvenţă, energia pe care o înmagazinează antena de recepţie şi care, astfel, poate constitui o sursă de aprindere, este dependentă — primordial — de distanţa la care se află antena de emisie/recepţie şi, de asemenea, de dimensiunile antenei de recepţie.

12. *Undele electromagnetice din spectrul optic*

Radiaţiile din domeniul spectrului optic pot deveni — în special prin *focalizare* — surse de aprindere, prin absorbţie, în atmosfere explozive sau pe suprafeţe solide. Astfel, lumina (radiaţia, raza, energia) *solară* poate iniţia o aprindere ori de cîte ori anumite obiecte (oglinzi concave, lentile, geamuri, cioburi de sticlă, sticle cu apă, alte butelii umplute etc.) asigură o focalizare corespunzătoare a radiaţiilor/razelor respective. În anumite circumstanţe, radiaţia surselor de tip *fotobliţ* este absorbită aşa de puternic de către particulele de praf/pulbere, încît acestea devin surse de aprindere pentru depunerile omonime şi, de asemenea, pentru atmosferele explozive.

Un caz aparte este cel al radiaţiilor *laser* (folosite, de exemplu, în transmiterea de informaţii, telemetrie, topometrie, vizibilitate etc.), întrucît energia lor, respectiv densitatea la mare distanţă, poate fi atît de notabilă, încît să devină posibilă o aprindere efectivă. Şi de această dată, încălzirea se poate datori incidenţei razelor laser cu suprafaţa unui corp solid sau absorbţiei razelor respective de către particulele de praf/pulbere din aer ori de către murdăriile aflate pe corpurile transparente. Cînd focalizarea este puternică, în focarul propriu-zis pot fi constatate temperaturi cu mult peste 1 000°C. Ca sursă de aprindere mai trebuie reţinută coincidenţa dintre benzile de absorbţie ale gazelor/vaporilor şi lungimea de undă a radiaţiei laser.

În grupa surselor de aprindere/inflamare aflate în discuţie trebuie incluse, de asemenea, radiaţiile mijloacelor de producţie examinate anterior (lămpi şi alte corpuri incandescente, arcul voltaic etc. — v. §§ 1 ; 7).

13. *Radiaţiile ionizante*

Radiaţiile ionizante, provenind de la surse diferite (generatoare de raze ultraviolete → radiaţii UV, tuburi Röntgen — radiaţii X, laser, substanţe radioactive → radiaţii Γ, acceleratori sau reactoare nucleare etc.), pot aprinde atmosferele explozive — în special cele corespunzătoare amestecurilor de praf/pulbere — ca urmare a *adsorbţiei* de energie. De altfel, sursele radioactive se pot încălzi şi de la sine astfel, pe seama adsorbţiei proprii de energie de radiaţie, încît să depăşească temperatura de aprindere a unei anumite atmosfere explozive.

Ca urmare a acţiunii radiaţiilor ionizante, generîndu-se alte radiaţii şi descompuneri sau transformări chimice, se pot forma radicali liberi foarte reactivi şi substanţe sau amestecuri care, ele însele, formează alte surse de iniţiere a exploziilor.

14. *Ultrasunetele*

Folosindu-se ultrasunetele în diferite scopuri (tehnologice, de supraveghere tehnică etc.), cantităţile mari de energie — care sînt emise de transformatorul electroacustic — sînt absorbite de substanţele solide şi lichide, în practică aceasta numindu-se *iradiere acustică*. Ca urmare a frecării interioare, în masa substanţelor iradiate acustic apare o încălzire şi aceasta, în cazurile extreme, poate conduce la temperaturi care să depăşească temperatura de aprindere corespunzătoare.

15. *Comprimarea adiabată, unda de şoc şi vehicularea anumitor gaze*

Într-un sens general, *unda de şoc* se înţelege ca fiind unda (de front) caracterizată printr-o variaţie bruscă de viteză, de presiune, de greutate volumică şi de temperatură şi aceasta datorită vitezei mai mici de propagare a variaţiilor de presiune care apar într-un mediu fluid (lichid sau gaz). Undele de şoc, de asemenea *comprimarea adiabată* (*compresia adiabatică*), pot genera temperaturi ridicate, capabile să aprindă (inflameze) o atmosferă explozivă, în esenţă, creşterea respectivă de temperatură depinzînd de raportul presiunilor şi fiind independentă de diferenţa de presiune.

Undele de şoc se pot forma, bunăoară, în conductele de gaze, la destinderea bruscă a gazelor de presiune ridicată, ele ajungînd cu viteză supersonică sau ultrasonică în zonele de

presiune coborîtă (mică). Ca urmare, la difracţia sau reflexia lor, în curbele sau coturile tubulare, în reducţii şi alte strangulări (diafragme de debit etc.), în flanşele oarbe (blindflanşe) şi blinde, în sertarele de robinete închise etc., apar temperaturi deosebit de mari. În incinta conductelor de refulare/evacuare ale compresoarelor de aer, de asemenea în rezervoarele intermediare şi în cele conectate în amonte, se pot iniţia explozii datorite aprinderii/inflamării prin efectul de compresie a ceţii formate de către uleiul de ungere.

Un anumit amestec de gaze explozive — de exemplu cel de hidrogen şi aer sau cel de acetilenă şi aer — se poate aprinde (inflama), prin efectul de compresie, imediat după spargerea unui tub fluorescent şi pătrunderea în tubul respectiv, evident, ca urmare a încălzirii datorite undei de şoc, chiar dacă tubul dat nu era conectat în reţeaua electrică.

Pericole aparte se ivesc la *vehicularea* şi *manipularea* oxigenului sub presiune. Diferite particule (rugină, depuneri, produse de coroziune etc.), antrenate în circumstanţele unei viteze suficient de mari, dislocă din sistem (tubulaturi, piese fasonate, armături etc.) fragmente minuscule de fier care, în oxigenul comprimat, ard, deplasîndu-se ca atare şi propagînd focul prin componentele conductelor, furtunurilor ş.a. Din acest punct de vedere, cele mai primejdioase sînt robinetele cu sertar (mai ales cele cu sertar pană, în practică denumite şibăre sau şubăre) şi robinetele cu ventil (în practică denumite ventile sau kegluri) pentru oxigen, deoarece la deschiderea şi închiderea lor — cu rapiditate — sînt realizate sau blocate viteze de vehiculare mari.

16. *Reacţiile chimice*

Reacţiile chimice au loc fie cu degajare de căldură (*reacţii exoterme*), fie cu consum de căldură (*reacţii endoterme*). Prin transformările chimice cu degajare de căldură, pe care le implică, anumite substanţe sau amestecuri de substanţe, folosite ca atare, manipulate, transportate, depozitate etc., se pot încălzi mai mult sau mai puţin puternic, constituindu-se în surse de aprindere. Efectele de aprindere/inflamare-explozie se manifestă *direct* → asupra substanţelor care reacţionează, fără intervenţia altor factori externi (acţiuni mecanice, flacără) sau *indirect* → asupra altor substanţe şi/sau materiale combustibile, fie prin contactare nemijlocită, fie datorită dezvoltării unei mari cantităţi de căldură. Nu trebuie omisă sau ignorată nici acţiunea asupra substanţelor combustibile a *oxidanţilor* şi a amestecurilor *oxidante*, care de asemenea poate iniţia aprinderi şi/sau explozii. În tabelul 9 se exemplifică unele substanţe care, aflîndu-se în contact, prezintă pericol de incendiu sau de explozie.

*Tabelul 9*

**Exemplificarea unor substanţe care, venind în contact între ele, prezintă pericol de incendiu sau de explozie [4]**

| Denumirea substanţelor de referinţă | Denumirea substanţelor cu care se reacţionează |
|---|---|
| Clorul, bromul | Acetilena, hidrogenul, terebentina, metanul, fosforul roşu, aluminiu-praf (pulbere) |
| Amestecul de acid azotic şi acid sulfuric | Materialele care conţin celuloză (paie, fîn, bumbac, in, cînepă etc.), carbura de calciu, terebentina, acetilena, hidrogenul sulfurat, benzina, benzenul, sulfura de carbon, alcoolii etc. |
| Acetona | Anhidrida cromică, peroxidul de sodiu etc. |
| Carbura de calciu, oxidul de calciu, fosfura de calciu | Apa |
| Aluminiul-praf(pulbere), fierul-praf(pulbere), zincul-praf(pulbere), ebonita-praf(pulbere), sulfura de fier, cărbunele brun proaspăt preparat, fosforul alb, materialele fibroase saturate cu ulei vegetal, hidrura de bor | Aerul |
| Glicerina | Permanganatul de potasiu |
| Alcoolul metilic | Peroxidul de sodiu, anhidrida cromică, clorul |
| Peroxidul de sodiu | Acetona, alcoolul metilic, acidul acetic, apa, substanţele organice |
| Benzidina | Clorura de var |
| Acidul bromic | Substanţele organice |
| Etil-fosfina | Bromul |

Reacţiile bazate pe *autoaprinderi* pot avea loc chiar la temperatura camerei. La temperatură aşa de *joasă*, însă, reacţiile respective se desfăşoară lent, căldura degajată este repede preluată de către mediul înconjurător şi, astfel, sistemul se menţine mereu la o aceeaşi temperatură. În circumstanţele împiedicării parţiale sau totale a evacuării *căldurii*, de asemenea în condiţiile depozitării îndelungate la temperaturi *mai ridicate*, viteza de reacţie poate creşte astfel, încît să realizează premisele necesare aprinderii. Asemenea reacţii exoterme, generînd autoaprinderi, se pot produce în sisteme de un component sau de mai mulţi componenţi, cu participarea tuturor stărilor de agregare şi ele se pot baza pe oxidări, descompuneri sau polimerizări (autooxidarea cîrpelor de şters, murdărite cu ulei; peroxizii organici etc.).

Reacţiile *spontane* exoterme ale unor substanţe combustibile, materializate ca atare în condiţiile contactului nemijlocit cu substanţe oxidante sau cu alte substanţe deosebit de reactive (acid azotic, cloraţi, fluor etc.), pot duce repede la incendii şi explozii. O serie de substanţe se aprind chiar numai la simplul contact cu aerul (de ex. mulţi dintre compuşii metalo-organici), iar altele încep să mocnească la aer sau se aprind spontan în contact cu suprafeţe catalitice. Pot reacţiona spontan, de asemenea, diferite substanţe instabile, în contact cu impurităţi, cu efecte catalitice (amestecul de sulfură şi pilitură de fier; diferite metale fin dispersate; nichelul Raney ş.a.) şi cu degajarea unei considerabile energii. În cadrul unora dintre reacţiile menţionate, se pot genera vapori, gaze, ceaţă şi/sau praf/pulbere şi, ca urmare, se pot forma atmosfere explozive. Aşadar, pe lîngă atmosfera deja existentă, atmosfera astfel formată se poate *aprinde de la sine* şi, deci, pericolele de aprindere-incendiere (explozie)-explozie(incendiere) *se amplifică* în mod sensibil.

O combinaţie de mai multe efecte se poate constata la depunerile de prafuri/pulberi autoinflamabile, generatoare de explozii în urma unor mocniri de focuri amorsate prin autoaprindere.

17. *Sudarea*

Dacă nu se adoptă măsurile tehnico-organizatorice de precauţie necesare [9, 11, 13], în timpul operaţiilor de sudare, executate pe şantiere sau în limitele secţiilor de fabricaţie, platformelor tehnologice etc., se pot *provoca* incendii sau explozii.

Cum se ştie, în timpul sudării *electrice*, se amorsează şi se întreţin arcuri electrice, se produc scîntei (brocuri, perle) şi se rebutează, eventual aruncîndu-se, capetele fierbinţi de electrozi. Evident, toate acestea — separat şi împreună — constituie surse puternice de aprindere pentru materialele combustibile cu care vin în contact.

La sudarea şi tăierea metalelor *cu flacără*, în afara pericolului pe care îl prezintă flacăra propriu-zisă, chiar gazele care se folosesc ca agent de încălzire (acetilena, hidrogenul, metanul, alte gaze pentru sudare) implică riscuri majore de incendiere şi formare a unor amestecuri explozive.

18. *Sulfura de fier*

Hidrogenul sulfurat, implicat în diferite stadii ale prelucrării ţiţeiurilor sulfuroase, acţionează asupra fierului din structura aparatelor tehnologice, conductelor, rezervoarelor etc. şi, astfel, dă naştere la sulfuri de fier care, prin oxidarea spontană şi extrem de rapidă în contact cu aerul atmosferic, devin *piroforice* (adică se autoinflamează) chiar la temperatură normală a atmosferei înconjurătoare. Sulfurile de fier sînt extrem de periculoase în domeniile industriei petroliere şi petrochimice, deoarece, oxidîndu-se ultrarapid, ele degajă căldură şi aceasta este suficientă pentru a le încălzi repede pînă la incandescenţă, transformîndu-le cvasispontan în surse active de inflamare a amestecurilor de aer şi vapori de hidrocarburi.

La temperatură obişnuită, mecanismul *formării* de sulfuri, în prezenţa aerului, este următorul: a) condensîndu-se pe suprafaţa pereţilor metalici, vaporii de apă din hidrocarburi formează hidroxidul feros; b) în contact direct cu oxigenul din aerul atmosferic, hidroxidul feros trece în hidroxidul feric; c) reacţionînd cu hidrogenul sulfurat, hidroxidul feric dă naştere la sulfuri de fier.

Depunerile pirofore cele mai active sînt cele formate în procesul depozitării produselor petroliere distilate *albe*, deoarece acestea conţin sulf elementar şi hidrogen sulfurat. De altfel, în majoritatea lor, cazurile practice de autoaprindere a depunerilor (reziduurilor) pirofore, de regulă urmată de incendierea produselor petroliere depozitate, s-au consemnat pentru rezervoarele de benzină provenind din distilarea primară a ţiţeiurilor sulfuroase. Oricum, exploziile şi incendiile iniţiate piroforic sînt mai frecvente primăvara şi toamna, în orele de seară, în decursul golirii sau imediat după golirea rezervoarelor, recipientelor, conductelor etc. Aceasta pentru că, după pătrunderea aerului în incintă, oxidarea depunerilor pirofore devine efectivă (şi rapidă) numai după evaporarea peliculei superficiale de hidrocarburi.

Prevenirea formării de compuşi pirofori şi, prin urmare, combaterea proceselor pirofore este posibilă prin:

- reducerea conţinutului de sulf şi de hidrogen sulfurat în petrolul brut (ţiţei) şi eliminarea hidrogenului sulfurat din benzinele distilate (prin stabilizare, alcalinizare etc.);

• folosirea de aparate tehnologice cu componente în execuţie bimetalică şi din materiale rezistente la coroziune;

• protejarea suprafeţelor tehnologice interioare şi a anumitor componente sau echipamente constitutive (în mod special la partea superioară) folosind procedee de acoperire (vopsire, lăcuire, emailare, torcretare) sau de metalizare (cu aluminiu, cu zinc sau cu alte materiale metalice rezistente la coroziune în circumstanţele tehnologice date);

• dămfuirea (aburirea) continuă, în decursul a 24...36 h, care să preceadă intervenţiile justificate de acţiunile de mentenanţă preventivă sau corectivă; dămfuirea se face în condiţiile unei uşoare presurizări, cu toate orificiile blindate, condensatul drenîndu-se la canal prin tubulaturi (ţevi) de evacuare;

• eventuala curăţare periodică şi îndepărtare a compuşilor sulfuroşi depuşi; pentru a nu se aprinde în timpul acestor lucrări, depunerile respective se umezesc continuu cu apă, produsele raşchetate se evacuează în stare umedă şi fie se îngroapă ca atare (în locuri dinainte alese), fie se conteinerizează sub o pernă de bioxid de carbon.

---

# Asupra instabilităţii meniscurilor dintre două faze imiscibile în decursul punerii în zăcămînt a hidrocarburilor

Prof. dr. doc. **G. Manolescu**

Hidrocarburile fluide ce pătrund în viitoarea rocă colectoare saturată, prin definiţie, total cu apă, în general veterică, sînt, cel puţin în condiţiile unor adîncimi ce nu depăşesc circa 12 000 m, imiscibile cu această apă.

Faptul că în cazul eventual al unor adîncimi relativ mari 6 000—9 000 m aceste două faze prezintă o semnificativă solubilitate reciprocă, limitată, nu schimbă natura sistemului fluid alcătuit tot din două faze imiscibile, de îndată ce echilibrul de solubilitate limitată a fost atins.

În aceste condiţii, vom denumi faza dezlocuită, apa, ca „fază umezitoare", caracteristică ce-i este conferită în parte prin caracteristica heteropolară a moleculei de apă, iar, în parte, datorită histerezei de udare, conferită la rîndul său de contactul anterior prelungit al acestei ape cu faza solidă a acestui mediu poros, contact păstrat pe durate de ordinul milioanelor de ani.

Prin convenţie şi în consecinţa celor menţionate, vom numi faza dezlocuitoare (hidrocarburile fluide) „fază neumezitoare".

În concepţia devenită clasică a unui unghi de contact trifazic $\theta$, ce poate lua diferite valori între limitele de $\theta_r \leqslant \theta \leqslant \theta_p$, unde indicii $p$ şi $r$ se referă la caracterul „progresiv" respectiv „regresiv" al deplasării acestui punct de contact prin referire la faza umezitoare (uneori se face convenţia ca aceasta să fie aleasă ca faza cea mai densă dintre cele două fluide, criteriu care, în acest caz, nu schimbă atribuirea acestor calificative), meniscul ce separă apa iniţial prezentă în rocă de hidrocarburile ce pătrund în canalele rocii la punerea în zăcămînt prezintă, la contactul cu roca, un unghi de contact trifazic cu o valoare $\theta$, intermediară între $\theta_r$ şi $\theta_p$, cu atît mai apropiată de $\theta_p$ cu cît viteza de dezlocuire este mai mare.

În privinţa concepţiei sus-menţionate, referitoare la limitele $\theta_r$, $\theta_p$, trebuie semnalat că fixitatea acestor limite a fost pusă sub semnul îndoielii de unii cercetători care au constatat experimental că, în anumite circumstanţe, amplitudinea histerezei de udare $\theta_p - \theta_r$ poate creşte foarte mult, iar, dacă această amplitudine ar creşte pînă la 180°, noţiunea şi-ar pierde orice semnificaţie practică.

Pentru anumite sisteme fluide-solid s-a constatat fenomenul de „etalare", echivalent cu $\theta_r = 0$.

În unele interpretări ale dependenţei lui $\theta$ de tensiunile interfaciale ale celor trei substanţe în contact, două cîte două, sau de energiile de adeziune, interpretări de altfel destul de criticabile [1; 2], s-a ajuns la valori negative ale lui $\theta$ pentru situaţiile în care are loc efectiv etalarea.

Pe de altă parte, se întîlnesc, aproape fără excepţii, situaţii în care unghiului $\theta_r$, care este, cu siguranţă, pe criterii fizice elementare, de 180°, experimental, nu i se pot determina prin metodele clasice decît 140°—150°. Este cazul (cu certitudine) picăturilor de mercur pe o suprafaţă orizontală de sticlă sau al picăturilor mici de apă pe o suprafaţă orizontală de parafină (valori $\theta$ măsurate de cca 140°) sau de politetrafluoroetilenă (valori $\theta$ măsurate de cca 150°).

Certitudinea o atribuim faptului că picăturile de Hg sînt, în general, mobile pe cînd cele

de apă sînt, în general, aderente, dar în explicația deosebirii de comportare ar putea intra și faptul că, din cauza masei specifice mai mari a Hg, forțele ce tind să deplaseze picătura (pe suprafețele cu mici defecte de orizontalitate) sînt cu peste un ordin zecimal de mărime mai mari.

Revenind la limita inferioară, este însă de precizat că încercările autorului de a măsura acest unghi mai precis și într-o zonă mult mai restrînsă a meniscului, în vecinătatea punctului de contact trifazic, au condus la valori $\theta_r$ cu atît mai mici, cu cît această zonă era mai restrînsă (microscop cu mărire mai mare), ([3] fig. 3, p. 245 și fig. 4, p. 246 și [4] fig. 1 și 2, p. 204).

În această situație s-ar putea emite ipoteza că la o mărire suficient de mare, unghiul $\theta_r$ s-ar putea prezenta întotdeauna cu o valoare limită zero în imediata apropiere a punctului de contact trifazic. Cum dificultățile experimentale întîmpinate la asemenea măsurări sînt considerabile (vezi și [5]), problema rămîne parțial deschisă.

Complexitatea fenomenelor cauzate de umiditatea diferențiată a hidrocarburilor fluide față de cea a apei, la formarea zăcămintelor, ca și cea a distribuției spațiale finale rezultate în urma acesteia și a consecințelor lor în exploatare, în mare parte responsabile de rezultatul cel puțin descurajant al tuturor proceselor de exploatare (părăsirea a cel puțin 65...70% în zăcămînt, ca neexploatabile, din hidrocarburile lichide), ne-a determinat să încercăm o detaliere a acestor procese și, în special, a formelor de meniscuri caracterizate prin diferite grade de stabilitate.

Pe suprafețe plane, fixarea și stabilitatea bulelor aderente sînt aproximativ satisfăcător cunoscute (pentru accesibilitatea mai ușoară, se sugerează [6]). Acest model nu furnizează decît informații de plecare.

Un model întrucîtva mai apropiat de procesul din zăcămînt este canalul cilindric circular devenit, pînă la un punct, clasic pentru determinarea caracteristicilor de udare [5 și 7].

În figura 1 se indică într-un asemenea canal, admițîndu-se o formă de calotă sferică

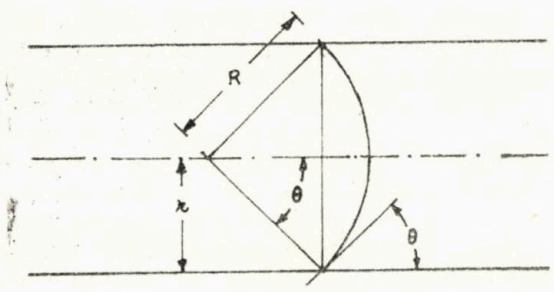



Fig. 1. Diferența capilară de presiune într-un menisc dintr-un tub capilar cilindric în funcție de raza acestuia și a unghiului de contact trifazic.

a meniscului (și s-au indicat anterior rezervele asupra porțiunii marginale), formarea unei diferențe de presiune de origine „capilară" $\Delta_c p$ care, după Laplace, este egală cu $\sigma c$, unde $\sigma$ este tensiunea interfacială din menisc, iar $c$ curbura medie în fiecare punct al meniscului (aceeași în toate punctele în cazul formei sferice).

Cum, de obicei, această curbură este necunoscută, $\Delta_c p$ se apreciază prin raport cu raza $r$ a capilarului, egală cu $r = R\cos\theta$, unde $R$ este raza sferei din care face parte meniscul.

Pentru a sublinia interesul cunoașterii acestor presiuni, vom anticipa asupra rezultatelor lucrării de față, admițînd că în tubul capilar s-au distribuit cele două faze sub forma unor succesiuni de dopuri alternate de apă și hidrocarburi.

Analizînd ca în figura 2 ce se întîmplă cînd între extremitățile tubului se exercită o diferență de presiune externă (motoare), crescînd

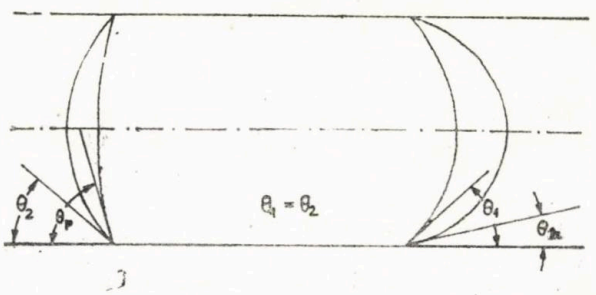



Fig. 2. Formarea gradienților capilari de presiune într-un canal cilindric, prin histereza umidității.

treptat de la zero pînă la valori superioare celor întîlnite în canalele reale ale rocii simulate prin acest model, se găsește că, la început, dopul studiat este în echilibru, ambele sale meniscuri fiind caracterizate printr-o valoare $\theta_e$ a unghiului de contact intermediară între $\theta_r$ și $\theta_p$.

Pe măsură ce diferența externă de presiune ia valori finite crescătoare, dopul tinde să se deplaseze în avalul diferenței de presiune externe.

Se admite, în general, și experiența confirmă pînă la un punct, că meniscul rămîne cu periferia fixată pe același cerc paralel de contact inițial trifazic, modificîndu-și curbura astfel, încît de unde la început cele două diferențe capilare de presiune, egale în valoare absolută cu $2\sigma\cos\theta/r$ și de sens contrar, se echilibrau astfel, încît bilanțul lor nu participa în nici un fel la o punere în mișcare a dopurilor, prin bombarea meniscurilor—deplasare a punctului lor central către avalul curgerii, unghiul $\theta_{1e}$ devine, la limita $\theta_r$ ($r$ deoarece faza de referință se retrage în fața acestui menisc în deformare), iar unghiul $\theta_{2e}$ devine la limită $\theta_p > \theta_r$.

În aceste condiţii, bilanţul diferenţelor de presiune apărute în meniscurile alcătuind „dopul" studiat, este:

$$\Delta_c p = 2\sigma(\cos\ \theta_r - \cos\ \theta_p)/r, \qquad (1)$$

cu observaţiile:

● atunci cînd capilarul este mai fin, cînd $\theta_r$ tinde către 0, $\Delta_{dop}p$ creşte către $\infty$ în acelaşi caz citat; acesta este de altfel fenomenul ce asigură caracterul de „semipermeabilitate" (permeabilitate a unei membrane pentru faza umezitoare, respectiv de impermeabilitate pentru faza neumezitoare) al unor membrane filtrante folosite în laboratoare şi în industrie;

● atunci cînd succesiunea de dopuri este mai numeroasă, prin însumarea valorilor $\Delta_{dop}p$, succesiunea opune curgerii diferenţe de presiune care nu mai pot fi depăşite, iar canalul este „blocat", efect cunoscut ca „efectul Jamin" [10] care l-a explicat cu 120 de ani în urmă ca survenind în capilarele sanguine şi în special cele ce alimentează cerebelul scafandrierilor sau lucrătorilor din chesoanele hidraulice pentru fundaţii subacvatice şi în cazul unei decomprimări insuficient de lente. Din aerul inspirat la presiunea de lucru, se eliberează din serul sanguin saturat cu acesta, în special azotul (oxigenul se consumă de către hematii înainte de a se degaja) sub formă de bule care, la trecerea din arteriole în capilare, le blochează pe acestea din urmă. O singură bulă într-un capilar de circa 10 μm diametru cu tensiune interfacială de circa 70 mN/m opune o diferenţă de presiune de ordinul a 0,3 bar, iar presiunea maximă realizabilă de un cord uman fiind doar de circa 0,2 bar (cca 15 mm Hg, presiune sistolică), capilarele respective sînt blocate şi toate funcţiile vitale comandate de cerebel încetează, în circa 5 min instalîndu-se moartea clinică.

S-a recurs la acest exemplu diferit de canalele din zăcămînt, deoarece capilarele sanguine au un profil strict circular şi secţiune constantă pe lungimi de mii de diametre.

În zăcămînt, fenomenele mai sînt modificate, eventual mult, de extrema neregularitate a pereţilor canalelor, variaţia considerabilă a diametrelor, conexiunile neregulate dintre canale etc.

Cu toate acestea, în cazul lucrării de faţă, se va încerca a se studia fenomenul ceva mai amănunţit în canalele cilindrice circulare, de diametru constant, urmînd a se examina semicantitativ fenomenele ce sînt introduse de unele din neregularităţile geometriei canalelor diferite de acest model.

Analizînd evoluţia dezlocuirii apei de către hidrocarburi, descompusă în paşi, „filmul" procesului, să admitem că frontul de dezlocuire progresînd (de la stînga la dreapta în fig. 3) a ajuns în poziţia *1a* (neglijînd deocamdată existenţa inelelor reziduale *4* şi *6*). Dacă meniscul se deplasează suficient de încet, în *a* se prezintă cu $\theta_e$. Sub acţiunea suprapresiunii externe ce se exercită de la stînga la dreapta, el îşi măreşte curbura, ajungînd în poziţia limită aparentă *c*, convenţional caracterizată ca $\theta_r$. Dacă se exercită în continuare suprapresiune suficientă, se constată experimental că unghiul de contact se micşorează şi sub $\theta_r$, iar meniscul „hernează", dînd naştere unei apofize ce avansează relativ repede, lovind pereţii tubului căptuşiţi cu un manşon subţire (eventual mult mai subţire decît este figurat la scara figurii 3) de fază umezitoare nedezlocuită.

Cauza acestei rămîneri în urmă a fazei iniţiale, umezitoare, este atribuită condiţiilor concrete locale de desorbţie a acestor faze de pe peretele canalului, eventual foarte lentă, datorită naturii celor două faze (umezitoare şi solidă), mai ales în cazul prezenţei în faza umezitoare, chiar în cantitate de urme, a unor compuşi heteropolari cu dipolmoment mare.

Sub acţiunea suprapresiunii externe eşalonată de-a lungul canalului cu un gradient de presiune corespunzător, faza lichidă tinde să se evacueze şi ea, prin strîmtul manşon-canal rămas la perete, în secţiunea 2.

În cazul că faza dezlocuită prezintă o viscozitate mare, această evacuare este extrem de frînată deoarece debitul $q$ de fază evacuată printr-un element de lungime de canal $\Delta l$ este:

$$q = \frac{2\pi r}{\mu}\Delta r^3 \frac{\Delta p}{\Delta l}, \qquad (2)$$

unde:

- $\mu$ este viscozitatea dinamică a fazei dezlocuite;
- $\Delta p$ — căderea de presiune ce lucrează pe lungimea $l$;
- $r$ — raza tubului;
- $\Delta r$ — grosimea manşonului de evacuare;
- $q$ — debitul-volum de fază evacuată.

În aceste condiţii $\frac{\Delta r^3}{\mu}$ poate atinge valori extrem de mici, mai ales din cauza apariţiei unui nou fenomen: sub acţiunea presiunii mai mari în spatele meniscului frontal (aproape sferic, v. fig. 3), prin umflarea „sferei" $\Delta r$ se micşorează încă, pînă cînd meniscul mai prelungit, tangent la peretele canalului, permite, local, desorbţia totală a fazei dezlocuite şi reducerea la zero a interstiţiului $\Delta r$, la început local, în jurul punctului de contact, ceea ce micşorează încă şi mai mult debitul de evacuare a fazei dezlocuite, iar contactul fazei dezlocuitoare cu peretele canalului se extinde pe tot conturul (cercul paralel al meniscului),

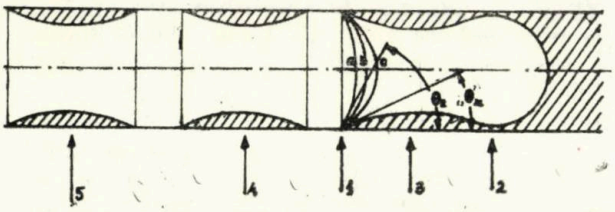


Fig. 3. Etapele succesive de deformarea şi deplasarea meniscului într-un canal cilindric în modelarea dezlocuirii apei de către hidrocarburi în prezenţa unei histereze a umidibilităţii (modelarea punerii în zăcământ).

suprimînd total evacuarea mai departe şi transformînd manşonul *3* într-unul total izolat, ca şi *4* şi *6*, a căror origine este acum explicată.

Din acest moment, presiunea pe ambele feţe ale meniscului manşonului tinde să se egalizeze, eventual prin foarte mici deplasări ale capetelor manşoanelor, lungiri sau scurtări ale acestora şi ajustarea unghiului de contact la valoarea $\theta_e$ (stare nefigurată încă drept atinsă în fig. 3).

Cum această ajustare, în general prin creşterea unghiului $\theta$, de la valori vecine cu $\theta_r$, în manşonul iniţial către $\theta_e$, la echilibru, este lentă, frînată şi ea de desorbţia locală a fazei dezlocuite, urmată de adsorbţia celei dezlocuitoare, manşonul are timp să fie supus altor forţe de interfaţă şi, în principal, tensiunilor după cercurile paralele ale ecuatorului (gîtuirii) manşonului, efect care tinde să conducă la formarea unei alte suprafeţe: un dop mult mai subţire (fig. 4).

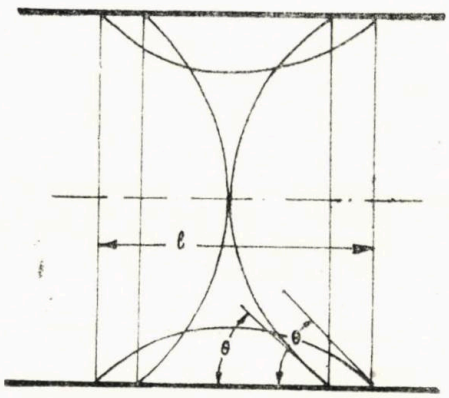



Fig. 4. Cele două forme de enclavă relictică cărora li se compară stabilitatea (detaliu al fig. 3).

Considerînd cele două faze ca practic incompresibile faţă de variaţii cu totul minore ale presiunii, cum sînt cele derivînd din forţele de interfaţă, vom considera că volumul „manşonului" de la care porneşte deformarea este egal cu volumul „dopului" rezultat din ea.

Cum aceste două forme de menisc sînt total diferite, urmează să apreciem care este forma de stabilitate. Pe lîngă criteriul acţiunii forţelor interfaciale orientate după cercurile paralele ale suprafeţei de rotaţie care este manşonul, criteriul energiei interfaciale minime indică o transformare către aceea dintre cele două forme care, la acelaşi volum, prezintă o arie mai mică a interfeţei. Am efectuat calculele volumelor (pentru egalitate) şi ariilor pentru comparaţie. Cum forma meniscurilor „dopuri" rezultate din contracţie este sferică şi cum forma exactă a suprafeţei manşoanelor este necunoscută, am introdus o aproximaţie considerînd curba generatoare a manşonului ca un arc de cerc căruia i se impune condiţia unui contact cu peretele sub unghiul $\theta$, acelaşi în cazul ambelor suprafeţe, iar rezultatele sînt prezentate în diagrama din figura 5, care cuprinde în abscisă valoarea unghiului $\theta$, în primă aproximaţie putînd fi estimată ca $\theta_e$, iar în ordonată, ariile suprafeţelor respective exprimate în unităţi egale cu pătratul razei tubului $r^2$. Curbele cu alură reamintind hiperbole echilaterale sînt cele ale ariilor meniscurilor de diferite grosimi $\alpha_r$ la nivelul gîtuirii centrale. Curba discontinuă este aceea a sumei ariilor celor două meniscuri-calote sferice, care limitează dopul şi care prezintă acelaşi volum şi acelaşi unghi $\theta$ de contact trifazic.

Din examenul diagramei rezultă că, în imensa majoritate a cazurilor, aria meniscurilor dopului este mai mică decît cea a manşonului de acelaşi $\theta$ şi acelaşi volum.

Excepţie fac numai manşoanele extrem de subţiri ($\alpha < 0{,}10$ pentru $\theta < 150$, $\alpha < 0{,}2$ pentru $\theta <$ cca 350 ...) ceea ce arată că, în cazul manşoanelor extrem de subţiri, acestea pot fi stabile.

De fapt aceasta indică, practic, că unele manşoane, diferite de cele generate prin arce de cerc ipotetic în cazul figurilor 3 şi 4, ca şi cel schiţat în figura 6, deci foarte subţire, pot fi nestabile dacă porţiunea $l_1$ (şi, respectiv $l$), este destul de lungă şi chiar, dacă lungimea $l$ este simţitor mai mare, aria internă a manşonului poate depăşi dublul sumei ariilor dopului, astfel încît manşonul se rupe în două sau mai multe dopuri.

În cazul că prin valori convenabile ale condiţiilor fizice concrete (viscozitate foarte mare şi/sau viteză de desorbţie foarte mică), manşonul are timp să ia forma proprie de echilibru, suprafaţă cu curbură medie constantă (în acest caz chiar nulă, $\Delta p = 0$), această suprafaţă asemănătoare cu aceea a unui hiperboloid de rotaţie cu o singură pînză este, mai exact, o catenoidă a cărei ecuaţie, cu axa $z$ dirijată după axa capilarului:

$$x^2 + y^2 = a^2 \cdot \mathrm{ch}z$$

sau în coordonate mixte polar-carteziene utile la caracterizarea suprafeţelor cu simetrie de rotaţie*:

$$\rho = a\sqrt{\mathrm{ch}z} \qquad (4)$$

*) Este de fapt în coordonate carteziene ($\rho$, $z$) ecuaţia curbei meridiane a suprafeţei de rotaţie.

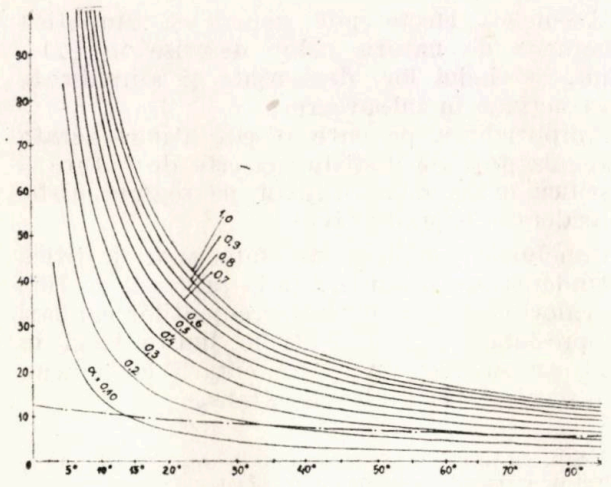


Fig. 5. Comparaţia ariilor enclavelor relictice indicate în figura 4, arii proporţionale cu energiile libere ale suprafeţelor respective :

curbele continue — ariile manşoanelor de grosime maximă fracţie $\alpha$ din rază, în comparaţie cu :
curbele punctate — ariile dopului minim (cu meniscurile în contact la vîrfuri) (fig. 4).

Ariile sînt exprimate adimensional în multipli ai pătratului razei capilarului, $r^2$, în funcţie de unghiul de contact trifazic.

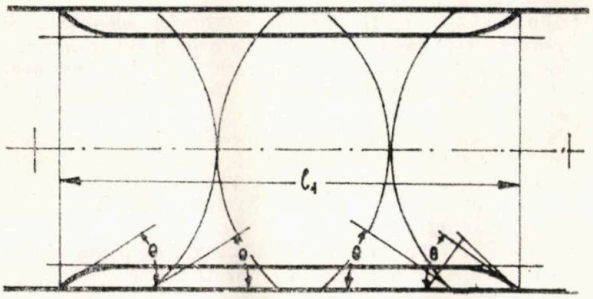



Fig. 6. Caz particular al figurii 4, lungimea manşonului $l_1 \gg l$.

unde :

$$\rho^2 = x^2 + y^2 ;$$

$\rho$ este proiecţia razei vectoare pe planul $(x, y)$ ;
$z$ — cota paralelă cu axa de rotaţie.

Concluzia acestei analize a stabilităţii, la dezlocuirea unei faze umezitoare reprezentînd apa veterică, de către o fază neumezitoare, reprezentînd hidrocarburile ce pătrund în roca colectoare la punerea acestora în zăcămînt, este aceea că în urma meniscului frontal rămîn enclave de fază umezitoare, iniţial sub formă de manşoane sau chiar pelicule căptuşind pereţii canalului, însă care, datorită instabilităţii mecanice a meniscului, respectiv meniscurilor, se transformă în „dopuri", mai repede sau mai încet, după particularităţile de histereza udării, ale celor trei faze în contact, întîrziere care, dată fiind durata proceselor de punere în zăcămînt modelate, poate fi întotdeauna ca foarte mică în comparaţie cu aceasta.

Experienţele de laborator au confirmat aceste concluzii. De fapt majoritatea lor au precedat această analiză de stabilitate, provocînd-o, restul fiind efectuate doar pentru elucidarea unor puncte de aproximaţie.

Trecînd de la modelul citat, canal cilindric circular neted, către roca reală, o primă treaptă de aproximaţie mai bună este aceea a unui canal alcătuit din felii tot cilindrice, conectate în serie, însă de diametre diferite.

În cazul existenţei unei porţiuni relativ scurte cu diametru mai mic, curbura mai mare a meniscurilor şi, corespunzător, valoarea mai mare a diferenţei de presiune capilară conduc la localizarea cu prioritate a „manşoanelor" la nivelul acestor „gîtuiri" şi, corespunzător, la pierderea mai rapidă a stabilităţii meniscurilor-manşon ce trec în meniscuri-dop, cu ultima concluzie că meniscurile-dop se formează cu prioritate în porţiunile de canal de diametru mic.

Trecînd de la acest model la unul încă ceva mai apropiat de cel al canalelor din mediile reale, modelul G.M. ([6] p. 271—273), concluzia este analoagă : meniscurile de maximă stabilitate se formează la gîtuiri (bazele mici ale trunchiurilor de con, în contact) şi cu prioritate la cele mai mici, concluzie ce se poate extinde imediat la canalele cu secţiune necirculară din mediile reale.

În aceste cazuri, în valorile diferenţelor capilare de presiune ale meniscurilor, razele canalelor (noţiune devenită fără sens la canalele necirculare) pot fi înlocuite prin mărimile $R_c =$ aria secţiunii canalului/perimetrul acesteia, mărime cunoscută în hidraulică sub denumirea de „rază hidraulică" (unde noţiunea, desigur utilă, constituie doar o aproximaţie comodă), căreia i-am revendicat la utilizările în fizica zăcămintelor [6] denumirea cu semnificaţie fizică exactă de „rază capilară".

În cazul în aparenţă* rar sau mai puţin probabil la procesele de punere în zăcămînt, de apariţie a unor modificări în timp a gradienţilor de presiune cauzatori ai procesului de migraţie [7] şi, corespunzător a unor variaţii a debitelor (respectiv vitezelor) în canale, este în principiu posibilă apariţia unor situaţii mai complexe, ca de exemplu nestabilitatea meniscurilor de tip manşon în gîtuirile mari, stabilitate relativă în formaţie, şi spargerea consecutivă repetată (mai rar deplasarea axială) a meniscurilor-dop la gîtuirile de diametru intermediar şi, chiar, o stabilitate dinamică a meniscurilor de tip-manşon, în gîtuirile de cele mai mici diametre.

*) V. şi [11]

De altfel, asemenea situații cu mult mai probabile în procesele de dezlocuire a hidrocarburilor de către apă, se prezintă în procesele de exploatare a zăcămintelor, iar analiza unor asemenea situații, mai variate și cu implicații practice de altă natură decît cele ale lucrării de față, ne-o propunem în cadrul unei lucrări ulterioare.

## Concluzii

În cadrul modelării simplificate cu care s-a inițiat lucrarea și al extinderii rezultatelor acesteia asupra unor modele mai puțin regulate geometric, dar mai apropiate de canalele reale din rocile colectoare, s-a constatat că în ce privește concepția relativ simplistă că apa, veterică sau nu, asociată rocii colectoare, s-ar găsi cantonată sub forma unei pelicule mai mult sau mai puțin continuă, acoperind mineralele rocii, aceasta trebuie masiv corectată în sensul că, exceptînd zonele în care din cauza unei activități deosebite a apelor, mai ales ale celor „de talpă", care mai pot întreține în unele porțiuni ale zăcămîntului (dar tocmai în acelea în care saturația în hidrocarburi rămîne sub limita la care permeabilitatea efectivă față de acestea este nenulă), la echilibru, *apa se cantonează preferențial sub formă de dopuri amplasate la gîtuiri.*

În trecere, în legătură cu posibilitatea interpretării diagrafiilor de rezistivitate electrică, trebuie subliniat că modul de distribuție spațială a fazei umezitoare, care este în general și cea electric mai conductivă, *modifică masiv* valoarea exponentului aplicat raportului conductivităților (exponent de saturație, respectiv de porozitate) în ecuațiile de tip Archie sau ulterioare, ceea ce poate face iluzorie estimarea stărilor de saturație cu ajutorul acestor metode; a se compara eventual această situație cu exemplificarea, formal făcută pentru permeabilitatea absolută (în [8], p. 448—450*).

Această tendință de fragmentare în dopuri conduce la formarea unor serii de căderi de presiune (efect Jamin [10]), ceea ce introduce obstacole locale în distribuția apei și hidrocarburilor, conducînd uneori la abateri importante de la orizontalitatea limitei hidrocarburi-apă (zonă de tranziție capilară), cu posibilitatea de a se găsi acumulări de hidrocarburi în regiuni ale rocii colectoare, altfel presupuse sterile.

Asemenea efecte pot genera și amplifica fenomene de natura celor descrise în [11], fiind, la rîndul lor, declanșate și amplificate prin acțiune în întoarcere.

Amplitudinea pe care o pot atinge aceste neregularități ale distribuției este de natură a justifica extinderea forajelor pe regiuni, altfel considerate neproductive.

Concluziile analizei de față mai justifică extinderea gamei (cu limite în raportul de $10^3$) de valori ce se pot atribui gradienților capilari de presiune, care, indicați în limite largi în [12], au suscitat unele comentarii ce puneau în discuție o atît de largă extensie.

*) Sau, cu unele corecturi de imprimare, analiza anizoropiei de conductivitate, de la p. 177 din [9].

### Bibliografie


[1] Manolescu, G. *Asupra umidității rocilor colectoare.* Buletinul Institutului de Petrol și Gaze, vol. VIII, p. 77—91.

[2] Muskat, M. M. *Physical principles of oil production.* McGr. Hill, N.Y. 1945.

[3] Manolescu, G. *Asupra stabilității meniscurilor separînd două faze imiscibile în tuburi cilindrici verticali în condiții „statice".* Studii și cercetări de mecanică aplicată. Tom 18, nr. 1, 1985, Acad. R.S.R., fig. 1, p. 204, fig. 2, p. 204.

[4] Manolescu, G. *Sur la stabilité des ménisques séparant deux phases immiscibles dans des tubes cylindriques verticaux.* Rev. Roum. des Sciences Techniques, série de mécanique appliquée, tome 10, nr. 1, 1965, fig. 3, p. 245.

[5] Manolescu, G. *Asupra posibilităților de a se măsura unghiul de contact, oferite de metoda caracteristicilor geometrice ale meniscului într-un capilar cilindric.* Buletinul Institutului de Petrol și Gaze, vol. XI 1964, p. 138 — 142.

[6] Manolescu, G., *Soare, E.* Curs de fizico-chimia zăcămintelor de hidrocarburi. Ed. Didactică și Pedagogică, 1982.

[7] Aschenbrenner, B. C., Achauer, Ch. W. *Minimum conditions for migration of oil in carbonate rocks.* Bull. of the Amer. Assoc. of Petroleum Geologists, Febr., 1960, p. 235.

[8] Manolescu, G. *Fizica zăcămintelor de hidrocarburi.* Institutul de Petrol și Gaze, 1964.

[9] Manolescu, G. *Manualul inginerului petrolist.* Vol. 44, Ed. Tehnică, 1948—1954.

[10] Jamin, J. C. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, Paris, 60, 1950, 172.

[11] Manolescu, G. *Ueber eine Erscheinnung die Erdoelmigration im Gang setzt.* Freiberger Forschungshefte, Heft C—229, Aug. 1967, p. 13—20.

[12] Manolescu, G. Soare, E. *Contribuții la cunoașterea mecanismului dezlocuiriicu fază imiscibilă în medii poroase la scară microscopică.* Institutul de Petrol și Gaze, vol. XX, 1973, p. 97—120.

# Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a cineritelor din orizontul disodilelor inferioare şi orizontul Kliwa inferior ale pintenului de Văleni şi unele supoziţii de geneză

Prof dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**, şef lucr. ing. **D. Frunzescu**,
şef lucr. ing. **I. Nistor**, şef lucr. ing. **O. Georgescu**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

## Introducere

Prezenţa unor intercalaţii de cinerite şi bentonite în depozitele oligocen-miocen inferioare ale flişului paleogen al Carpaţilor Orientali, semnalată vag în literatura geologică veche, capătă importanţă: în lucrările mai noi ce tind spre stabilirea unei stratigrafii de detaliu, în inventarierea tuturor elementelor stratigrafice corelative, în încercări de stabilire a genezei sau a aplicaţiilor legate de răspîndirea şi compoziţia lor chimico-mineralogică. În acest context se încadrează şi studiul materialului cineritic al orizonturilor disodilelor inferioare şi Kliwa inferior din litofaciesul extern, bituminos al oligocenului Pînzei de Tarcău din pintenul de Văleni. Se are la bază cartarea de detaliu a unui profil deschis de valea Teleajenului prin flancul nordic al sinclinalului Frînghieşti (fig.1).

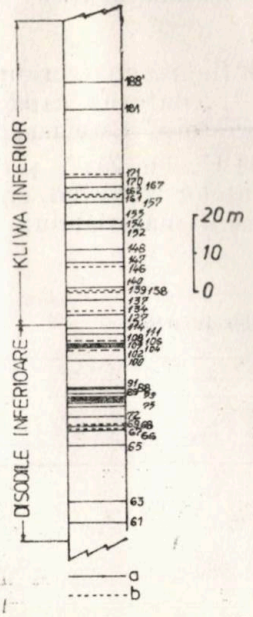



Fig. 1. Coloana stratigrafică sintetică a orizonturilor disodilelor inferioare şi Kliwa inferior (*a* — tuf; *b* — tufit).

Astfel, în orizontul disodilelor inferioare, cu o grosime de circa 58 m apar 25 de intercalaţii de material cineritic grupate în trei pachete litologice situate între ele la distanţe de 14,9 şi 7,2 m (de jos în sus). Pachetul litologic inferior cu grosimea de circa 7 m cuprinde trei intercalaţii de tuf şi una de tufit cu grosimi de 0,006—0,005 m situate între ele la distanţe de 1,5—1,0—47,6 m. Pachetul litologic mediu, cu grosimea de 15 m, cuprinde 15 intercalaţii de cinerite cu grosimi de 0,001 — — 0,01 m situate între ele la distanţe de la subcentimetrice pînă la 2,00 — 3,90 m. Pachetul litologic superior, cu grosimea de circa 8,50 m, cuprinde patru intercalaţii de tuf vulcanic cu grosimi de 0,001—0,005 m şi două intercalaţii de tufit cu grosimi de 0,03—0,04 m. Intercalaţiile sînt distanţate între ele la 1,00—2,90 m.

Orizontul inferior al gresiei de Kliwa, cu grosime de circa 80 m, cuprinde 26 de intercalaţii de cinerite cu grosimi în general centimetrice (0,01—0,07 m) şi, mai rar, milimetrice, grupate 20 în jumătatea inferioară şi şase în partea centrală a jumătăţii superioare. Intercalaţiile sînt situate între ele la distanţe medii de 3—5 m.

## Compoziţie mineralogică şi chimico-spectrală

Analiza mineralogică efectuată cu ajutorul razelor X asupra cineritelor din orizontul disodilelor inferioare pune în evidenţă prezenţa în cantitate mare a cuarţului, a zeoliţilor şi a mineralelor argiloase (fig. 2; 3). Dintre zeoliţi a fost pus în evidenţă, cu siguranţă, phillipsitul prin linia de 3,18 Å, iar, ca minerale argiloase, au fost puse în evidenţă montmorillonitul, cloritul, illitul, precum şi minerale cu structuri interstratificate din grupele illit-clorit-montmorillonit. Se remarcă consecvenţa distribuţiei compoziţiei mineralogice pe tot intervalul stratigrafic, ceea ce reflectă condiţii genetice asemănătoare.

Analiza chimico-spectrală efectuată în laboratorul de fizico-chimia zăcămintelor din I.P.G. Ploieşti, calată pe lungimi de undă mici, a permis determinarea calitativă, în special a elementelor grele (tab. 1). Se remarcă, pe lîngă prezenţa elementelor comune mineralelor componente ale tufurilor (Si, Al, Na, Mg, P, Fe etc.), şi prezenta elementelor din seria lantanidelor, a elementelor rare (Ti, V, Rb, Sr, Nb, Mo, Ru, Rh, Ir, Ag etc.), ca şi a elementelor radioactive (U, Th). Acestea apar fie ca substituenţi izomorfi în minerale comune rocilor piroclastice, fie ca formînd minerale proprii

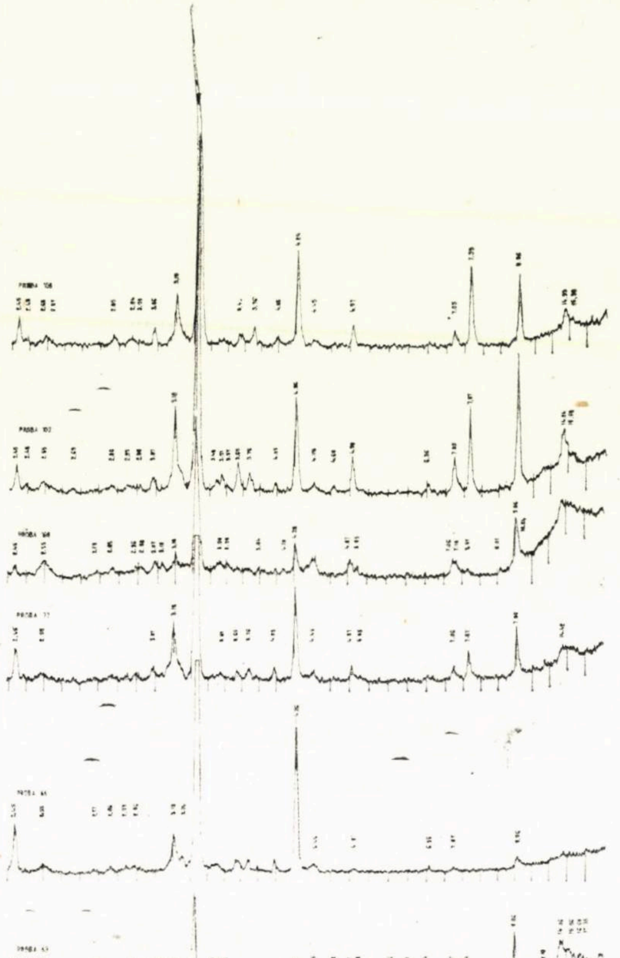


Fig. 2. Difractograme de raze X ale probelor din orizontul disodilelor inferioare.

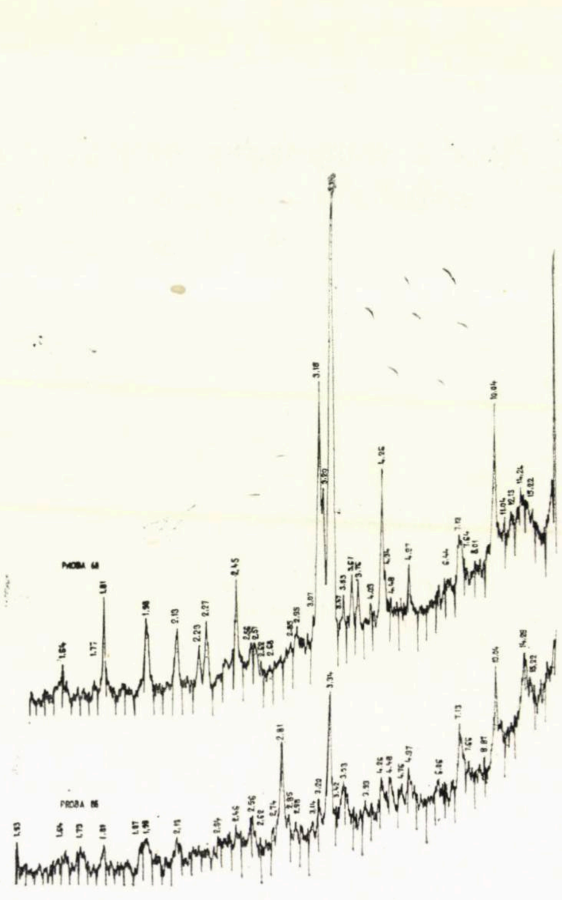


Fig. 3. Difractograme de raze X ale probelor din orizontul disodilelor inferioare.

care, însă, nu pot fi puse cu siguranță în evidență pe diagramele $R_x$, datorită capacității reduse de decelare a acestora. Este posibilă prezența unor minerale de U, Th, Zr, Y și de lantanide, prezența elementelor indicînd, în orice caz, geneza vulcanică a materialului.

*Tabelul 1*

**Analiza chimico-spectrală a probelor din orizontul disodilelor inferioare**

| NR. CRT. AL PROBEI | PROBA | LITOLOGIE | Li | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Ru | Rh | Ag | In | Sn | Sb | Cs | Ba | La | Ta | W | Re | Os | Ir | Pb | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Er | Yb | Lu | Th | U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | LUNGIMEA DE UNDĂ (Å) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3232,6 | 3303,0 | 3329,8 | 3944,03 | 3905,5 | 4246,9 | 3217,0 | 3487,6 | 4681,9 | 4408,5 | 4339,5 | 3696,6 | 3406,4 | 3405,1 | 3414,8 | 3247,5 | 3282,2 | 4172,1 | 4201,8 | 3464,5 | 4374,9 | 3438,2 | 3358,4 | 3635,1 | 4460,0 | 3434,9 | 3280,7 | 4511,3 | 4524,7 | 3267,5 | 4555,4 | 4431,9 | 3713,5 | 4574,3 | 4074,4 | 3460,5 | 3262,3 | 4426,0 | 3683,5 | 4222,6 | 4534,2 | 4446,6 | 4424,3 | 3688,4 | 4327,1 | 4008,0 | 3988,0 | 3507,4 | 4881,1 | 4862,1 |
| | | PARAMETRUL SPECTRAL It - If | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 61 | TUF ALTERAT | – | 2,6 | 2,2 | ∞ | ∞ | 1,6 | 0,3 | 2,0 | 3,2 | 2,8 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 1,6 | 3,0 | 3,0 | 4,5 | ∞ | 1,9 | 1,4 | 2,4 | 3,2 | 3,2 | 1,6 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 2,0 | 1,5 | 0,6 | 3,6 | 1,2 | 2,5 | 1,1 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | 2,7 | 1,2 | – | 3,3 | 1,1 | 0,8 | 2,1 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 1,6 | 0,5 | 0,4 |
| 2 | 63 | TUF BENTONITIZAT | – | 3,5 | 3,6 | ∞ | ∞ | 5,9 | 1,5 | 3,8 | 3,3 | 7,4 | 1,5 | 2,2 | 3,1 | 2,0 | 5,4 | 4,0 | 6,9 | ∞ | 4,7 | 2,6 | 3,2 | 4,0 | 4,8 | 3,4 | 4,1 | 2,4 | 0,3 | 3,8 | 2,9 | 1,3 | 7,5 | 2,7 | 5,3 | 1,6 | 2,0 | 1,3 | 0,6 | 4,1 | 2,5 | – | 6,6 | 2,5 | 1,1 | 4,2 | 2,8 | 1,7 | 3,4 | 2,8 | 1,1 | 2,1 |
| 3 | 66 | TUFIT | 0,9 | 3,6 | 2,9 | ∞ | ∞ | 4,4 | 1,1 | 3,3 | 5,0 | 3,9 | 1,8 | 1,8 | 2,7 | 2,9 | 1,8 | 3,9 | 7,6 | ∞ | 2,8 | 2,6 | 5,8 | 3,7 | 4,3 | 2,8 | 4,1 | 1,6 | 1,0 | 4,6 | 2,7 | 1,0 | 6,4 | 2,3 | 4,3 | 1,4 | 1,5 | 0,9 | 0,7 | 5,9 | 1,8 | 0,9 | 3,5 | 2,0 | 2,1 | 3,2 | 2,8 | 2,3 | 2,9 | 1,9 | – | 1,0 |
| 4 | 67 | TUF | 0,8 | 3,1 | 2,4 | ∞ | ∞ | 1,3 | 1,6 | 1,9 | 4,1 | 2,1 | 0,8 | 0,3 | 1,2 | 1,7 | 3,1 | 4,1 | 6,8 | ∞ | 1,2 | 1,0 | 1,4 | 3,3 | 3,6 | 1,6 | 1,6 | 1,0 | 0,3 | 1,9 | 1,2 | 1,2 | 3,3 | 0,9 | 2,2 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 2,0 | 0,9 | – | 2,1 | 0,7 | 0,5 | 1,7 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | 0,3 | 0,5 |
| 5 | 68 | TUF | 0,8 | 4,5 | 4,3 | ∞ | ∞ | 4,9 | 2,3 | 4,3 | 5,0 | 6,5 | 1,5 | 2,7 | 3,0 | 2,6 | 6,5 | 5,5 | 10,1 | ∞ | 4,5 | 2,8 | 4,6 | 5,7 | 5,9 | 3,9 | 3,5 | 2,1 | 0,4 | 3,8 | 2,7 | 1,7 | 7,9 | 2,4 | 5,6 | 1,6 | 2,2 | 1,3 | 0,7 | 6,2 | 2,5 | – | 6,3 | 2,1 | 1,2 | 2,9 | 1,8 | 2,1 | 3,5 | 3,5 | 1,1 | 1,4 |
| 6 | 69 | TUFIT | 1,1 | 4,1 | 3,4 | ∞ | ∞ | 3,0 | 2,4 | 3,5 | 5,4 | 4,6 | 1,5 | 2,0 | 2,9 | 2,6 | 5,3 | 5,6 | 9,3 | ∞ | 2,7 | 2,7 | 10,7 | 4,5 | 4,8 | 3,3 | 2,3 | 1,7 | 0,5 | 3,2 | 2,5 | 1,3 | 6,3 | 1,7 | 4,1 | 1,3 | 1,4 | 1,0 | 0,9 | 4,2 | 1,7 | 0,6 | 4,5 | 1,7 | 1,1 | 2,1 | 1,7 | 1,5 | 2,8 | 2,9 | 0,6 | 0,9 |
| 7 | 72 | TUF | 1,1 | 3,8 | 2,9 | ∞ | ∞ | 1,5 | 2,5 | 3,0 | 3,8 | 2,7 | 0,6 | 1,6 | 2,1 | 2,0 | 4,9 | 5,7 | 8,9 | ∞ | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 4,4 | 4,4 | 2,8 | 1,1 | 1,4 | 0,3 | 2,6 | 1,8 | 1,1 | 4,9 | 1,5 | 3,1 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 2,2 | 1,3 | – | 3,6 | 1,2 | 0,6 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 1,6 | 2,8 | 0,6 | 0,8 |
| 8 | 75 | TUF | 2,1 | 4,8 | 3,7 | ∞ | ∞ | 4,4 | 2,9 | 5,4 | 6,6 | 6,1 | 3,0 | 2,7 | 3,7 | 3,9 | 6,4 | 6,7 | 11,0 | ∞ | 3,2 | 4,8 | 7,1 | 6,1 | 5,5 | 3,6 | 3,3 | 2,1 | 0,9 | 3,6 | 3,3 | 1,4 | 7,6 | 2,0 | 5,4 | 1,8 | 1,8 | 1,4 | 1,2 | 6,1 | 2,7 | 0,6 | 4,2 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 3,6 | 3,0 | 1,0 | 1,1 |
| 9 | 76 | TUF | 1,6 | 5,0 | 4,2 | ∞ | ∞ | 3,1 | 3,3 | 4,4 | 6,1 | 4,9 | 1,9 | 2,6 | 1,7 | 3,1 | 7,1 | 6,9 | 11,7 | ∞ | 3,4 | 2,7 | 4,1 | 6,4 | 6,4 | 3,4 | 2,6 | 2,1 | 0,5 | 4,5 | 3,1 | 1,6 | 7,7 | 2,1 | 4,8 | 2,0 | 1,8 | 1,2 | 0,7 | 5,0 | 2,4 | – | 5,4 | 2,1 | 1,3 | 3,4 | 1,4 | 1,8 | 2,7 | 3,6 | 0,6 | 0,9 |
| 10 | 77 | TUF | 1,0 | 7,2 | 5,9 | ∞ | ∞ | 4,9 | 3,6 | 6,3 | 6,7 | 8,4 | 1,6 | 4,3 | 4,9 | 3,6 | 9,6 | 9,0 | 14,4 | ∞ | 6,3 | 3,7 | 5,1 | 8,3 | 8,4 | 5,9 | 3,1 | 3,0 | 0,6 | 5,1 | 3,9 | 2,0 | 11,3 | 3,1 | 7,2 | 2,4 | 2,8 | 1,7 | 0,4 | 6,0 | 3,2 | – | 9,3 | 2,5 | 1,3 | 6,2 | 2,8 | 2,6 | 4,9 | 5,3 | 1,3 | 2,1 |
| 11 | 78 | TUF | 2,0 | 5,4 | 5,5 | ∞ | ∞ | 4,3 | 3,3 | 3,9 | 6,9 | 6,5 | 3,2 | 2,2 | 4,5 | 5,4 | 9,3 | 7,4 | 12,6 | ∞ | 3,8 | 2,5 | 5,2 | 7,0 | 7,2 | 5,3 | 4,3 | 1,2 | 0,9 | 3,7 | 2,2 | 1,3 | 7,5 | 1,9 | 4,6 | 2,7 | 1,4 | – | 1,4 | 6,0 | 2,0 | 0,9 | 4,8 | 1,4 | 1,5 | 1,3 | 2,2 | 2,3 | 3,6 | 3,4 | 0,8 | 0,7 |
| 12 | 79 | TUF | – | 4,7 | 5,1 | ∞ | ∞ | 4,5 | 1,0 | 3,3 | 1,5 | 9,3 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,1 | 5,8 | 2,1 | 3,6 | ∞ | 4,3 | 2,5 | 4,9 | 5,0 | 5,5 | 3,7 | 4,2 | 1,2 | 1,1 | 1,8 | 1,3 | 1,6 | 4,9 | 1,9 | 5,7 | 0,5 | 1,4 | 5,6 | 0,9 | 5,1 | 2,2 | – | 3,7 | 1,2 | 0,9 | 3,4 | 1,3 | 1,7 | 3,8 | 3,5 | – | 0,6 |
| 13 | 88 | TUFIT | – | 4,2 | 4,3 | ∞ | ∞ | 5,3 | 0,8 | 3,6 | 0,9 | 6,7 | 1,7 | 2,6 | 4,6 | 3,0 | 5,8 | 1,9 | 3,3 | ∞ | 3,3 | 2,5 | 5,3 | 3,8 | 5,3 | 2,3 | 3,3 | 2,2 | 1,8 | 2,5 | 2,1 | 1,5 | 4,5 | 2,3 | 5,4 | 1,0 | 1,6 | 6,5 | 2,2 | 3,9 | 1,3 | – | 3,0 | 2,1 | 0,9 | 2,0 | 3,5 | 1,0 | 3,1 | 2,9 | – | 1,6 |
| 14 | 91 | TUFODIATOMIT | – | 4,0 | 5,8 | ∞ | ∞ | 6,5 | 1,0 | 4,8 | 0,8 | 9,4 | 1,7 | 3,9 | 5,7 | 4,0 | 7,3 | 2,6 | 4,3 | ∞ | 5,2 | 3,0 | 6,1 | 4,8 | 6,6 | 3,3 | 3,7 | 3,3 | 1,9 | 3,3 | 2,6 | 2,0 | 8,1 | 3,0 | 7,7 | 1,0 | 3,0 | 8,5 | 2,9 | 3,7 | 2,1 | – | 3,6 | 2,5 | 0,9 | 3,3 | 1,6 | 1,3 | 4,7 | 3,8 | – | 2,2 |
| 15 | 100 | ARGILĂ BENTONITICĂ | – | 4,5 | 5,8 | ∞ | ∞ | 6,2 | 1,6 | 5,1 | 1,1 | 7,6 | 1,6 | 5,0 | 9,0 | 5,2 | 7,2 | 3,7 | 5,6 | ∞ | 7,1 | 3,7 | 3,2 | 7,0 | 8,0 | 4,6 | 2,9 | 4,4 | 0,5 | 4,1 | 3,1 | 2,7 | 5,2 | 3,7 | 8,7 | 1,3 | 5,7 | 3,9 | 1,6 | 2,6 | 4,2 | – | 5,5 | 2,5 | 1,2 | 8,7 | 2,5 | 0,8 | 3,3 | 4,0 | 1,6 | 2,5 |
| 16 | 102 | TUF | – | 6,3 | 6,1 | ∞ | ∞ | 3,2 | 2,0 | 3,8 | 2,1 | 4,4 | 1,5 | 2,8 | 4,2 | 4,6 | 6,7 | 3,7 | 5,3 | ∞ | 3,7 | 2,6 | 3,2 | 3,7 | 6,5 | 2,6 | 1,8 | 2,4 | 0,7 | 3,7 | 2,1 | 1,5 | 5,4 | 2,0 | 5,4 | 1,1 | 1,8 | 3,2 | 1,8 | 4,3 | 2,1 | – | 4,2 | 1,8 | 1,1 | 4,1 | 1,8 | 1,0 | 2,3 | 3,1 | 0,8 | 1,2 |
| 17 | 104 | TUF ALTERAT | 0,9 | 7,5 | 6,1 | ∞ | ∞ | 5,3 | 2,5 | 4,8 | 2,5 | 6,7 | 2,5 | 3,8 | 5,8 | 5,8 | 7,9 | 4,5 | 5,5 | ∞ | 4,8 | 3,2 | 4,7 | 6,7 | 8,6 | 3,7 | 3,3 | 3,1 | 0,7 | 3,7 | 2,8 | 2,9 | 7,1 | 2,8 | 7,1 | 1,3 | 2,4 | 4,8 | 3,2 | 6,0 | 2,7 | – | 6,1 | 2,3 | 1,2 | 5,1 | 3,5 | 1,5 | 3,7 | 3,6 | 1,4 | 1,5 |
| 18 | 105 | TUFODIATOMIT | 1,5 | 8,0 | 8,0 | ∞ | ∞ | 7,1 | 2,7 | 5,4 | 4,0 | 8,1 | 4,5 | 4,2 | 6,9 | 7,2 | 9,5 | 4,3 | 7,6 | ∞ | 6,3 | 3,3 | 7,4 | 8,2 | 9,4 | 3,9 | 3,3 | 2,7 | 1,2 | 4,0 | 2,8 | 4,0 | 8,0 | 2,5 | 8,4 | 1,3 | 2,4 | 4,8 | 3,2 | 8,9 | 2,3 | 0,4 | 6,1 | 2,0 | 1,2 | 3,6 | 3,7 | 3,1 | 5,0 | 4,9 | – | 1,3 |
| 19 | 106 | TUFODIATOMIT | 1,8 | 7,9 | 8,8 | ∞ | ∞ | 8,7 | 3,4 | 5,9 | 4,4 | 10,1 | 4,6 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 10,6 | 8,7 | 9,9 | ∞ | 7,7 | 4,2 | 9,6 | 9,5 | 10,5 | 8,4 | 6,2 | 3,2 | 1,5 | 5,0 | 3,4 | 0,9 | 8,7 | 3,3 | 9,6 | 1,6 | 3,0 | 5,6 | 4,1 | 9,8 | 4,1 | 0,4 | 7,4 | 2,8 | 2,0 | 7,2 | 4,2 | 4,0 | 6,5 | 5,3 | 1,0 | 1,7 |
| 20 | 108 | TUFIT | 2,1 | 8,2 | 8,0 | ∞ | ∞ | 7,4 | 3,8 | 5,1 | 4,2 | 8,1 | 4,5 | 3,5 | 5,5 | 6,7 | 9,7 | 4,5 | 8,2 | ∞ | 6,4 | 3,6 | 4,9 | 7,4 | 9,3 | 4,3 | 6,3 | 2,4 | 1,4 | 3,5 | 2,6 | 4,8 | 7,7 | 3,2 | 7,8 | 1,5 | 2,7 | 4,5 | 4,6 | 8,5 | 2,9 | – | 6,3 | 1,9 | 1,8 | 4,6 | 4,3 | 2,3 | 4,9 | 4,8 | – | 1,1 |
| 21 | 111 | ARGILĂ BENTONITICĂ | – | 6,5 | 5,8 | ∞ | ∞ | 3,7 | 4,7 | 4,1 | 3,2 | 5,8 | 1,3 | 2,6 | 3,3 | 3,9 | 6,5 | 5,5 | 5,9 | ∞ | 3,3 | 2,3 | 2,3 | 6,0 | 7,5 | 2,8 | 3,4 | 2,9 | 0,5 | 2,5 | 2,5 | 4,8 | 6,2 | 2,7 | 5,3 | 1,5 | 2,2 | 2,8 | 2,8 | 3,6 | 2,2 | – | 5,2 | 2,0 | 1,0 | 4,6 | 1,8 | 0,5 | 2,1 | 3,2 | 1,2 | 1,6 |
| 21 | 114 | TUF BENTONITIZAT | – | 7,0 | 6,1 | ∞ | ∞ | 2,8 | [illegible] | 3,2 | 2,5 | 4,6 | 1,5 | 2,3 | 3,0 | 3,6 | 6,7 | 4,5 | 6,2 | ∞ | 2,6 | 1,3 | 3,0 | 4,8 | 7,1 | 7,6 | 2,8 | 1,3 | 2,0 | [illegible] | 1,3 | 4,1 | 5,1 | 1,4 | 4,1 | 1,1 | 1,2 | 6,7 | 4,2 | 3,2 | 1,2 | – | 3,6 | 1,2 | 0,5 | 2,1 | 2,1 | 0,7 | 1,8 | 2,8 | 0,6 | 0,8 |

**Analiza chimico-spectrală a probelor din orizontul Kliwa inferior**

| NR. CRT. AL PROBEI | PROBA LITOLOGIE | Li | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Ru | Rh | Ag | In | Sn | Sb | Ba | La | Ta | W | Re | Os | Ir | Pb | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Er | Yb | Lu | Th | U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | LUNGIMEA DE UNDĂ (Å) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3232.0 | 3303.0 | 3329.9 | 3944.0 | 3905.5 | 4246.8 | 3217.0 | 3487.6 | 4444.2 | 4408.5 | 4239.5 | 3696.6 | 3406.4 | 3405.1 | 3429.7 | 3247.5 | 3202.2 | 4172.1 | 3464.5 | 4374.9 | 3438.2 | 3358.4 | 3635.1 | 4460.0 | 3434.9 | 3280.7 | 4511.3 | 4524.7 | 4553.4 | 4491.8 | 3719.5 | 4574.3 | 4074.4 | 3460.5 | 3301.6 | 4428.3 | 3683.5 | 4222.6 | 4534.2 | 4446.8 | 4424.3 | 3688.4 | 4327.1 | 4008.0 | 3988.0 | 3507.4 | 4391.1 | 4362.1 |
| | | PARAMETRUL SPECTRAL $I_t - I_f$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 127 TUF | 4.4 | 10.7 | 9.8 | ∞ | ∞ | 4.2 | 9.7 | 4.6 | 4.7 | 9.9 | 2.1 | 4.3 | 3.3 | 7.7 | 6.6 | 11.4 | 12.4 | ∞ | 4.0 | 3.7 | 6.0 | 8.1 | 4.4 | 1.8 | 2.8 | 1.2 | 1.6 | 0.9 | 2.3 | 1.0 | 3.2 | 0.4 | 3.3 | 1) | 3.7 | 4.1 | 2.5 | 0.8 | 2.7 | 0.6 | 1.2 | 3.0 | 2.1 | 2.8 | 3.3 | 7.4 | – | 8.4 |
| 2 | 134 TUFODIATOMIT | – | 12.9 | 12.7 | ∞ | ∞ | 6.1 | 10.8 | 6.4 | 3.7 | 6.2 | 1.5 | 6.5 | 8.6 | 6.0 | 5.4 | 12.7 | 11.3 | ∞ | 6.3 | 4.3 | 6.3 | 10.8 | 4.9 | 2.2 | 3.3 | 4.8 | 1.8 | 1.2 | 2.8 | 1.4 | 5.8 | 0.5 | 5.0 | 1.4 | 4.2 | 3.8 | 4.8 | – | 2.6 | 1.1 | 1.4 | 5.3 | 6.0 | 2.2 | 4.3 | 8.8 | – | 1.3 |
| 3 | 136 TUFODIATOMIT | – | 11.9 | 12.7 | ∞ | ∞ | 4.9 | 10.2 | 4.7 | 5.0 | 4.6 | 1.2 | 6.5 | 7.7 | 4.8 | 3.2 | 11.6 | 11.0 | ∞ | 3.9 | 4.5 | 5.5 | 10.4 | 4.0 | 2.2 | 3.5 | 8.2 | 1.8 | 1.3 | 2.8 | 1.3 | 4.9 | 0.5 | 3.4 | 1.0 | 3.7 | 2.0 | 3.4 | – | 2.7 | 1.1 | 0.8 | 4.4 | 3.5 | 2.5 | 3.4 | 7.4 | – | 1.2 |
| 4 | 139 TUFODIATOMIT | – | 12.9 | 12.8 | ∞ | ∞ | 3.7 | 12.8 | 4.5 | 4.5 | 3.8 | 1.5 | 4.3 | 5.9 | 7.4 | 5.9 | 14.0 | 12.1 | ∞ | 3.7 | 2.2 | 6.7 | 11.2 | 4.2 | 1.7 | 2.3 | 0.8 | 1.5 | 1.2 | 3.1 | 1.0 | 5.1 | 0.4 | 3.2 | 1.1 | 1.9 | 2.9 | 3.4 | 0.6 | 2.6 | 0.8 | 0.8 | 4.3 | 1.9 | 1.6 | 2.5 | 7.5 | – | 0.8 |
| 5 | 147 TUF | 3.2 | 12.7 | 12.4 | ∞ | ∞ | 2.3 | 12.6 | 4.4 | 3.6 | 1.9 | 0.7 | 3.8 | 3.9 | 6.1 | 1.9 | 13.6 | 12.6 | ∞ | 3.5 | 2.3 | 7.0 | 11.2 | 3.6 | 1.3 | 2.6 | 0.6 | 1.7 | 1.2 | 2.8 | 1.2 | 4.4 | 0.4 | 2.5 | 1.2 | 1.3 | 2.6 | 3.6 | 0.4 | 2.7 | 1.9 | 1.0 | 4.6 | 1.2 | 1.8 | 2.0 | 6.8 | 0.4 | 0.8 |
| 6 | 148 TUF | 2.3 | 12.5 | 11.4 | ∞ | ∞ | 2.0 | 13.3 | 4.5 | 3.6 | 2.6 | 0.7 | 3.8 | 3.5 | 5.8 | 3.3 | 13.7 | 11.6 | ∞ | 2.9 | 1.9 | 7.5 | 11.9 | 3.7 | 0.8 | 2.6 | 0.6 | 1.6 | 1.2 | 3.0 | 0.9 | 4.8 | 0.5 | 2.6 | 1.2 | 1.1 | 2.3 | 2.9 | – | 2.0 | 0.9 | 1.1 | 4.6 | 1.0 | 1.2 | 2.0 | 6.9 | 0.6 | 0.7 |

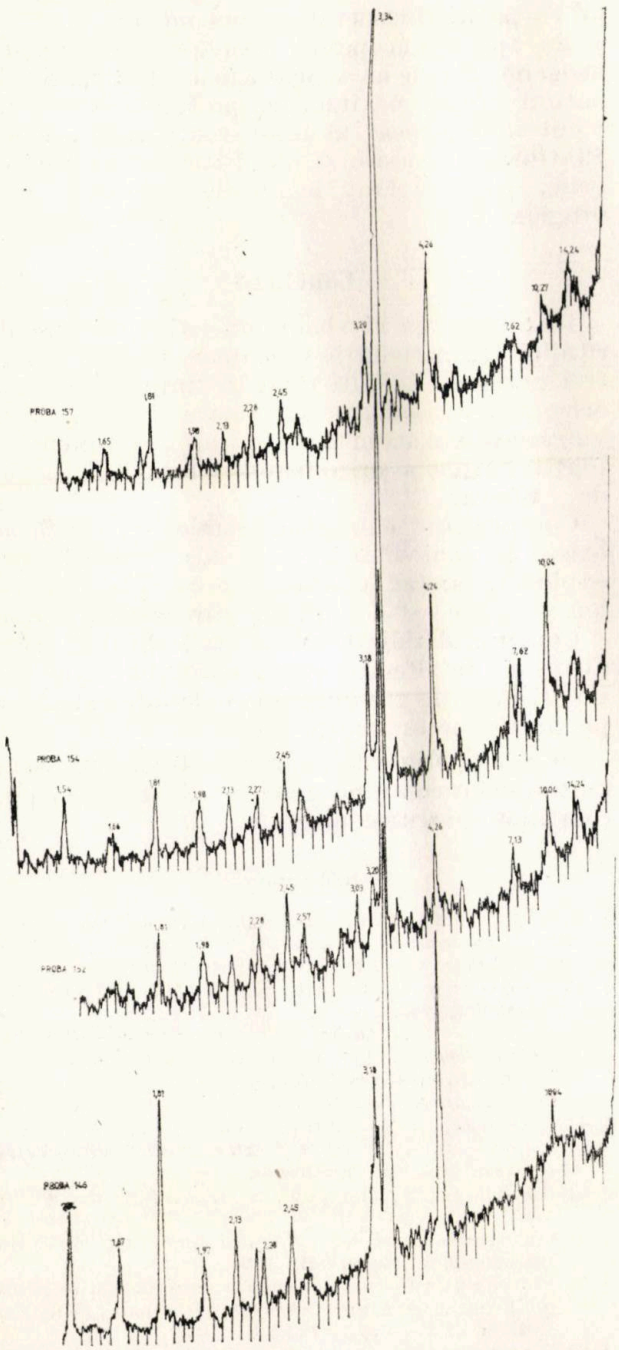



Fig. 4. Difractograme de raze X ale probelor din orizontul Kliwa inferior.

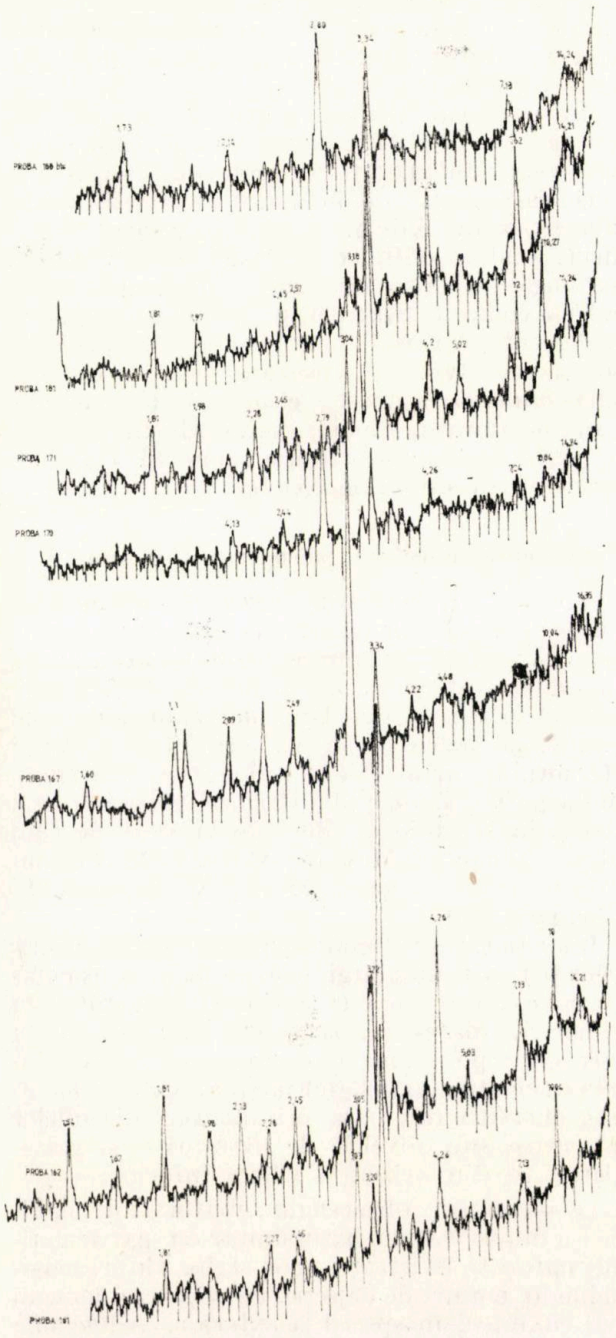



Fig. 5. Difractograme de raze X ale probelor din orizontul Kliwa inferior.

În orizontul Kliwa inferior, compoziţia mineralogică (fig. 4; 5) se remarcă prin predominarea cuarţului alături de care, în proporţii mai mici, intervin mineralele argiloase reprezentate prin caolinit, clorit, montmorillonit, illit, precum şi interstratificări de tip illit-montmorillonit sau illit-clorit. Se remarcă, de asemenea, prezenţa în baza orizontului a zeoliţilor, dintre care mai frecvent phillipsitul şi, subordonat, chabazitul şi natrolitul. Compoziţia mineralogică a pachetului litologic bazal din orizontul Kliwa inferior pare a fi asemănătoare cu cea a cineritelor din orizontul disodilelor inferioare. La partea superioară a orizontului inferior al gresiei de Kliwa a fost pus în evidenţă sideritul, prezenţa lui reflectînd existenţa unui mediu slab reducător.

În pachetul litologic superior se remarcă prezenţa în cantitate mare a mineralelor detritice (cuarţ, feldspaţi) şi a gipsului de provenienţă secundară, legat de intercalaţiile disodiliforme din gresia de Kliwa. Ca şi în orizontul precedent, analiza chimico-spectrală (tab.2) relevă, pe lîngă prezenţa elementelor obişnuite mineralelor comune tufurilor, şi prezenţa pregnantă a elementelor rare, a lantanidelor şi a elementelor radioactive. Se sugerează astfel existenţa unor minerale a acestor elemente de exemplu, oxizi de uraniu, niobiu, tantal, thoriu etc., ca şi posibilităţi de substituţie izomorfă a acestor elemente în minerale comune.

### Ocurenţă, corelare, paleogeografie, geneză

Nivelele cineritice din baza oligocenului de facies extern, incluzînd şi orizontul menilitelor inferioare, se regăsesc şi în faciesul intern (disodilele inferioare din pintenul de Homorîciu) şi au o arie mai largă de răspîndire, fiind citate: pe valea Moldovei, pîrîul Larga (Gura Humorului, pîrîul Potoci (afluent al Bistriţei), în Carpaţii polonezi (din Grigore Alexandrescu, 1981), în stratele de Mera de la vest de Cluj (după Stoicovici, Mesaroş, 1970 din Gr. Alexandrescu, 1981; după I. Mîrza, N. Mesaroş, L. Ghergari, 1988).

Distribuţia stratigrafică şi răspîndirea cineritelor par a fi mai largi dacă se ia în consideraţie conexiunea cu roci silicioase provenite din radiolari, diatomee, spongieri, dezvoltate cu precădere pe seama descompunerii materialului piroclastic. Astfel, sînt intercalaţiile de menilite, cherturi din baza orizontului disodilelor inferioare sau nivelele de diatomite şi gaize-diatomite din orizontul Kliwa inferior.

La începutul oligocenului, materialul cineritic s-a depus într-un bazin unitar cu particularităţi datorate existenţei unor slabe riduri longitudinale, conuri de dejecţie, ce separau domenii mai euxinice, în special la exterior. Adîncimile aveau circa 400 m, iar pantele înclinate favorizau formarea de turbidite şi structuri de alunecare. Materialul era redistribuit de curenţi transversali şi oblici faţă de structurile tectonice. Disodilele inferioare s-au depus în contextul unui climat cald şi umed, iar gresia inferioară de Kliwa într-un climat arid. Gradul diferit de alterare sau grosimile intercalaţiilor cineritice se explică prin gradul diferit de contaminare cu materialul sedimentar şi prin condiţiile diferite de evoluţie.

Datele mineralogico-petrografice puţine impun ca hazardată o interpretare genetică a materialului cineritic. Se poate face o asociere fie cu vulcanismul neogen de la interiorul arcului carpatic, considerat ca început mai devreme şi cu aparate acoperite, distruse de erupţiile neogene, fie cu un vulcanism extracarpatic de natură acidă, pe fracturi profunde legate de jocul independent al unor compartimente ale Platformei moesice şi ale Platformei est-europene, nu neapărat legat de subducţia sub orogen.

### Concluzii

Regularitatea nivelelor cineritice corespunde ritmicităţii activităţii vulcanice. Se pot separa trei perioade de paroxism în timpul depunerii orizontului disodilelor inferioare şi o activitate vulcanică mai accentuată în timpul sedimentării părţii bazale a orizontului inferior al gresiei de Kliwa.

Compoziţia chimico-mineralogică reflectă existenţa unui vulcanism de natură acidă, deci exploziv, care ar justifica cumva lipsa aparatelor vulcanice şi dominaţia piroclastitelor fine.

Conţinutul ridicat în zeoliţi indică un grad avansat de alterare a materialului cineritic, justificat şi de grosimile mici ale intercalaţiilor, precum şi de timpul geologic.

Prezenţa elementelor radioactive, rare şi a lantanidelor confirmă geneza vulcanică a intercalaţiilor cineritice alterate.

#### Bibliografie


[1] Alexandrescu, Gr. ş.a. *Asupra unor cinerite din parea centrală şi nordică a Carpaţilor Orientali.* D.d.s.I.G.G, vol. LXVIII/4, 1984, Bucureşti.

[2] Bedelean I., Stoici, S.D. *Zeoliţii.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1963.

[3] Cosma, R.ş.a. *Occurrences and properties of zeolitic tuffs in România.* Vol. Cercetări fundamentale şi aplicative pentru creşterea fondului de rezerve energetice şi materii prime minerale. Universitatea Bucureşti, 1986.

[4] Cosma, R., Măruntęanu, M. *Tufuri şi tufite terţiare — vulcanism intra şi extracarpatic?* Mine, Petrol şi Gaze, vol. 39, Bucureşti, 1988.

[5] Caillere, S., Honin, S. *Mineralogie des argiles.* 1963.

[6] Cruceanu, M. ş.a. *Site moleculare zeolitice.* Ed. Enciclopedică, Bucureşti, 1986.

[7] Frunzescu, D. ş.a. *Analiza secvenţială a orizontului Kliwa superior din Oligocenul Pintenului de Văleni.* Buletin I.P.G., nr. 1, Ploieşti, 1988.

[8] Frunzescu, D. *Asupra Oligocenului din Valea Zimbroaia.* Analele Muzeului Biologie Umană Ploieşti, 1988.

[ 9] Frunzescu, D. ș.a. *Cercetări mineralogice și petrografice asupra nivelelor cineritice din Oligocenul Pintenului de Văleni.* Comunic. la a V-a Conf. Met. pentru Studiul Argilelor, Unversitatea București, 1987.

[10] Dragoș, V. *Tectonica regiunii dintre Valea Teleajenului și Valea Lopatna.* D.d.s., Com. Geol., Rom., Vol. I, București, 1964.

[11] Georgescu, O., Frunzescu, D. *Les intercalations cineritiques de L'Oligocene de L'Eperon de Văleni.* Bul. I.P.G. Vol. XXXVII, nr. 1—2, Ploiești, 1985.

[12] Grasu, C. ș.a. *Flișul carpatic. Petrografie și considerații economice.* Ed. Tehnică, București, 1988.

[13] Grujinschi, C. *Studiul complexului gresiei din Tarcău.* Teză de doctorat I.P.G.G. București, 1972.

[14] Lăzărescu, V., Popescu, M. *Shallow vs. deep old vs. Recent Tectonic movments at the Eastern Carpatians Arc Bend.* Tectonophisics 131, Amsterdam, 1983.

[15] Miheev, V. I. *Determinator roentgenografic de minerale.* Ed. Nedra, Moscova, 1952.

[16] Mîrza, I. ș.a. *Unele activități vulcanice oligocene din Transilvania.* Comunicare la Simpozion Oligocen, Cluj, 1988.

[17] Neacșu, G. *Bentonitele din regiunea Alba Iulia — Ocna Mureșului.* Ed. Academiei R.S.R., București, 1969.

[18] Pătruț, I. *Geologie et tectonique de la region Vălenii de Munte — Cosminele— Bușteni.* An. Com. Geol. Rom. Tomes XXVI—XXVIII, București, 1959.

[19] Pârcălăbescu, I.D. *Phisical-chemical properties of the Breaza Clay used in the preparation of Drilling Muds.* St. teh. ec. I.G.G., seria I, nr. 13, București, 1975.

[20] Pârcălăbescu, I.D. *Zeoliți decelați în roci colectoare și protectoare ale unor zăcăminte de hidrocarburi fluide din România și unele supoziții de geneză.* Mine, Petrol și Gaze, vol. 39, nr 6, București, 1988.

[21 Rădan, S. *Mineralogy and Genesis of Clays in the Miocen Molase of East Carpatians.* I.G.G., St. teh ec. Seria I, nr. 14, București, 1987.

[22] Rădulescu, D., Dumitrescu, R. *Petrologia endogenă a teritoriului R.S. România.* Universitatea București, 1982.

[23] Săndulescu, M. *Geotectonica României.* Ed. Tehnică, București, 1984.

[24] Săndulescu, M., Micu, I. *Paleogeografia Oligocenului din Carpații Orientali.* Comunic. Simpozion Oligocen Cluj, 1988.

[25] Thein Myint *Geologia regiunii dintre Aluniș— Poiana Verbilău— Vălenii de Munte— Bughea de Sus.* Teză de doctorat, I.P.G.G., București, 1971.

Informaţii

# 40 de ani de activitate în domeniul securităţii muncii

*Centrul de Cercetări, Inginerie Tehnologică şi Proiectări pentru Securitate Minieră Petroşani*

În perioada 29–30.VI.1989 s-a desfăşurat, la Petroşani, o sesiune ştiinţifică jubiliară, la care au participat circa 150 reprezentanţi şi specialişti din Ministerul Minelor, Ministerul Muncii, din centrale, combinate şi întreprinderi miniere din întreaga ţară, precum şi reprezentanţi ai organelor locale de partid şi de stat.

După deschiderea lucrărilor sesiunii, directorul centrului, dr. ing. *Ion Matei*, a prezentat, referatul „40 de ani de activitate în domeniul securităţii miniere", relevînd evoluţia organizatorică şi dezvoltarea bazei tehnico-materiale ale centrului, extinderea domeniilor de cercetare şi creşterea cantitativă şi calitativă a personalului de specialitate şi, desigur, principalele realizări ale centrului, în decursul celor 40 de ani de activitate, acoperind multiplele şi complexele domenii ale securităţii miniere şi protecţiei muncii din industria extractivă şi preparării cărbunelui şi minereurilor metalifere şi nemetalifere.

În continuarea lucrărilor sesiunii, după salutul din partea organelor locale şi centrale de partid şi de stat, în care, pe merit, s-au elogiat activitatea şi realizările centrului, au urmat comunicările şefilor de laboratoare, după cum urmează.

— „Realizări şi cercetări de perspectivă în domeniile aerajului minelor, regimului degajărilor de gaze şi prevenirii focurilor endogene", referent dr. ing. *Florica Băltăreţu*, şef laborator aeraj-metan-focuri.

— „Probleme de securitate la instalaţiile şi utilajele electromecanice miniere, implicate de extinderea mecanizării şi automatizării", referent dr. ing. *Gh. Micheş*, şef laborator electrosecuritate.

— „Preocupări şi realizări în domeniul materialelor explozive, tehnologiilor de împuşcare, gazelor şi pulberilor explozive", referent dr. ing. *S. Tat*, şef laborator explozivi-gaze-pulberi.

— „Preocupări actuale şi perspective ale cercetării în domeniile salvării miniere, psihosociologiei muncii, combaterii tehnice a prafului şi zgomotului", referent ing. *P. Bitir*, şef laborator pneumoconioze-psihologie-salvare minieră.

După audierea acestor comunicări, participanţii la sesiune au luat cunoştinţă despre ultimele rezultate ale cercetărilor centrului, prezentate în sistem POSTER, însumînd 72 de expuneri dintre cele mai reprezentative, întrunind interesul şi aprecierea unanimă din partea specialiştilor. Unele din aceste materiale sînt semnate în colaborare cu cadre didactice de la Institutul de Mine Petroşani şi cercetători de la ICITPMH Petroşani, IPSRUEEM Petroşani şi specialişti de la CMVJ.

De un interes deosebit şi de o participare activă la discuţii s-a bucurat masa rotundă pe tema „Probleme actuale şi de perspectivă în domeniul securităţii miniere". Cu acest prilej specialiştii din unităţi, prezenţi la sesiune, au efectuat un fructuos schimb de experienţă şi s-au informat reciproc privind soluţionarea în propriile lor unităţi a unor probleme de risc sau îmbolnăviri profesionale şi, în acelaşi timp, au indicat şi sugerat specialiştilor de la centru unele teme de cercetare mai importante şi de interes general care ar trebui să figureze în actualul sau viitorul plan de cercetare al centrului.

Astfel, din referatul prezentat de directorul centrului, din sugestiile şi propunerile participanţilor la sesiunea ştiinţifică jubiliară au rezultat, pentru prezent şi în perspectivă, următoarele direcţii de cercetare, inginerie tehnologică şi proiectare în domeniul protecţiei muncii şi în industria minieră:

— elaborarea metodelor de prognoză, privind evoluţia stării de securitate a lucrărilor miniere în legătură cu fenomenele gazodinamice; prevenirea şi combaterea proceselor de autoîncălzire şi autoaprindere a zăcămintelor de substanţe minerale utile;

— studierea funcţiilor roboţilor din punctul de vedere al protecţiei muncii în vederea folosirii lor în minele grizutoase;

— dispozitive automate de reglare a debitelor de aer şi elaborarea de noi mijloace de protecţie pentru controlul parametrilor de securitate în minele grizutoase;

— tehnologii de împuşcare în condiţii deosebite de pericol, în medii inflamabile;

— evaluarea factorilor de risc în lucrările de deschidere, pregătire şi exploatare a zăcămintelor prin metode clasice sau neclasice;

— metode şi mijloace automate de detecţie, alarmare şi de intervenţie, de telecontrol şi telecomandă specifice securităţii muncii; obiectivizarea controlului de securitate;

— elaborarea de noi tehnologii, echipamente şi materiale pentru industria minieră adecvate cerinţelor noi de eficienţă şi securitate pentru zăcăminte în exploatare şi pentru noile zăcăminte ce urmează a fi valorificate;

— sisteme eficiente de instruire şi educaţie a personalului, de formare a deprinderilor de securitate a muncii;

— măsuri de prevenire şi combatere a poluării mediului de către activitatea minieră.

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

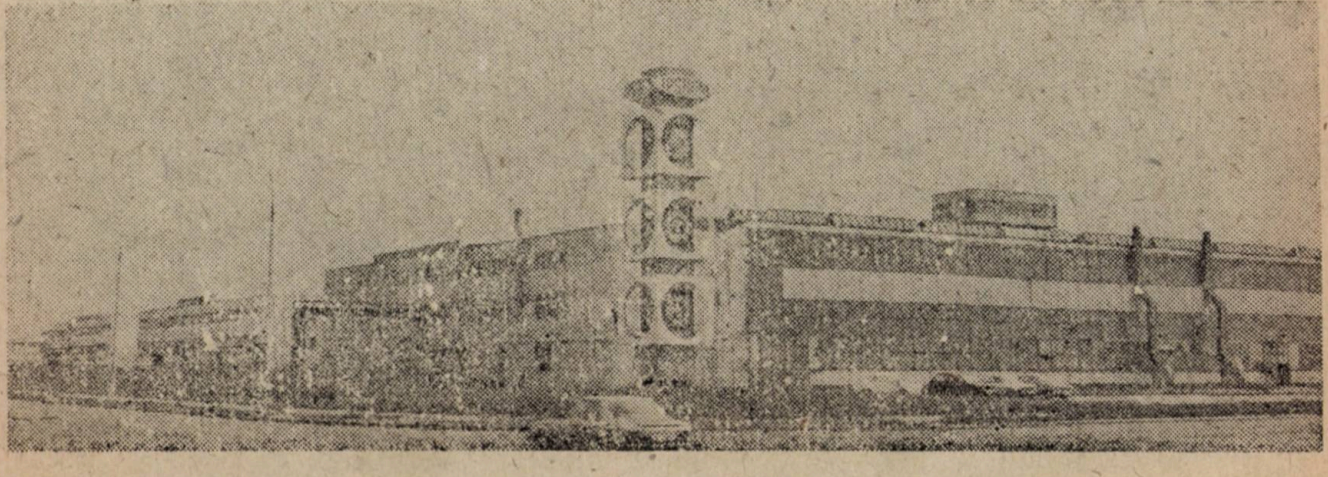
# INTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB SI REPARATII UTILAJ MINIER · DEVA

I.P.S.R.U.M. DEVA, str. C.A.Rosetti nr.5, tel. 14647, 15250
cont BNRSR - Deva 30.12.05.101

IPSRUM

REPARA:

- UTILAJE MINIERE DE MACINARE DE MARE CAPACITATE;
- UTILAJE MINIERE DE PREPARARE;
- AUTOVEHICULE GRELE DE TRANSPORT IN CARIERE;
- MOTOARE PENTRU AUTOVEHICULE GRELE DE 610 CP;
- UTILAJE DE EXCAVATII DE MARE CAPACITATE PENTRU CARIERE.



# IRMGIP

La IRMGIP POIANA CIMPINA se află în curs de asimilare în fabricaţie un nou tip de troliu de intervenţie cu sarcină maximă în cablu de 3 tf.

PROIECTANTI: - I.P.C.U.P. PLOIESTI
- I.C.S.I.T.T. BRASOV

EXECUTANTI: - I.R.M.G.I.P. POIANA CIMPINA
- INTREPRINDEREA DE TRACTOARE MIERCUREA CIUC

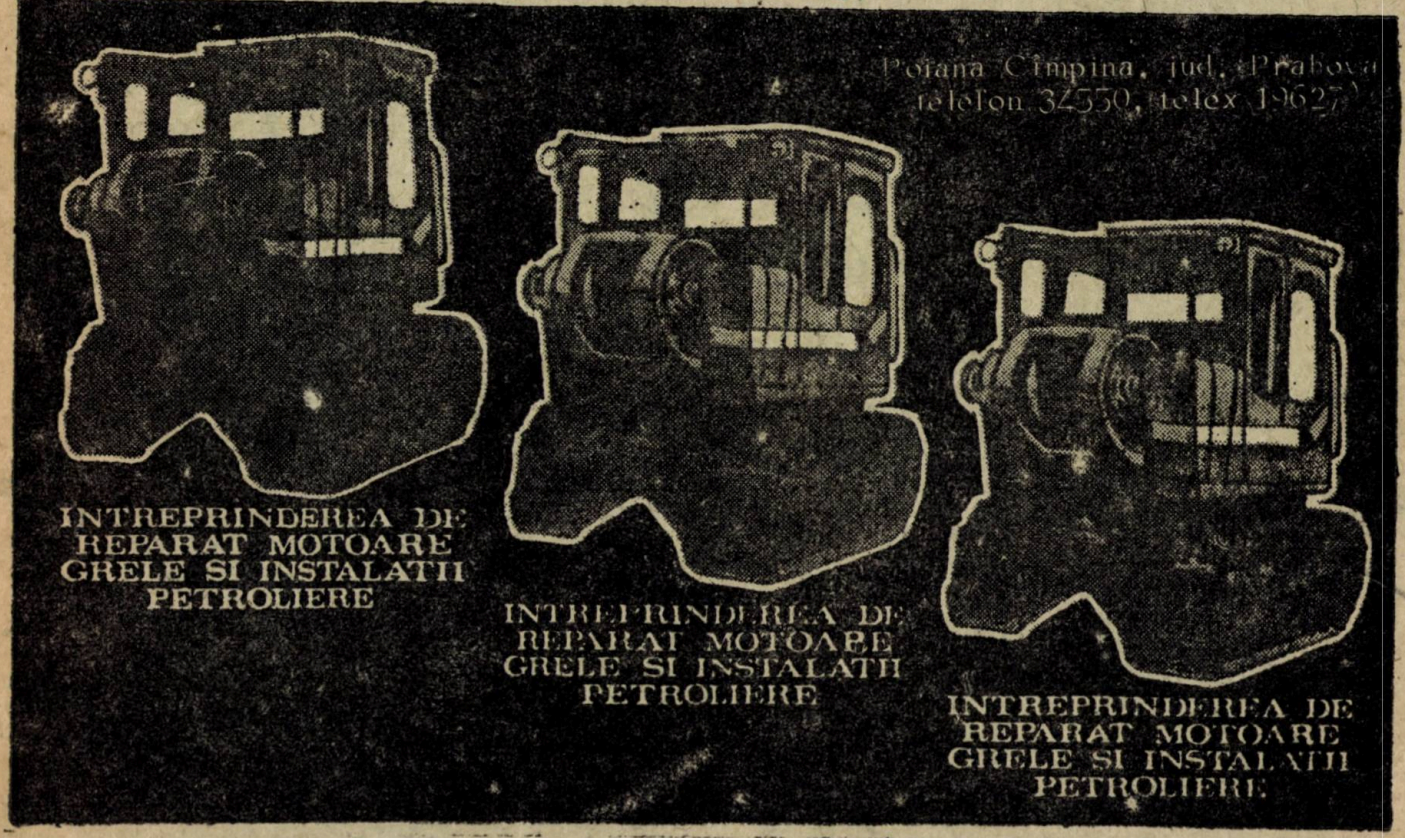
CARACTERISTICI TEHNICE:

- tipul tractorului, S 651;
- puterea motorului, 65 CP

PARTEA DE TROLIU:

- lungimea cablului, 320 m;
- diametrul cablului, 18 mm;
- sarcina maximă în cablu, 3 tf;
- cutia de viteze cu inversor cu 4+4 trepte;
- diametrul tobei, 352 mm;
- lungimea tobei, 450 mm.

Troliul este destinat operaţiilor de intervenţie la sonde cu adîncimi pînă la circa 1300 m şi dispune de comenzi manuale şi pneumatice, fiind echipat cu o cabină ergonomică.



1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA * Vol. 40, septembrie 1989

9

Ministerul Minelor
Centrala Minereurilor Deva

INTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB SI REPARATII UTILAJ MINIER DEVA

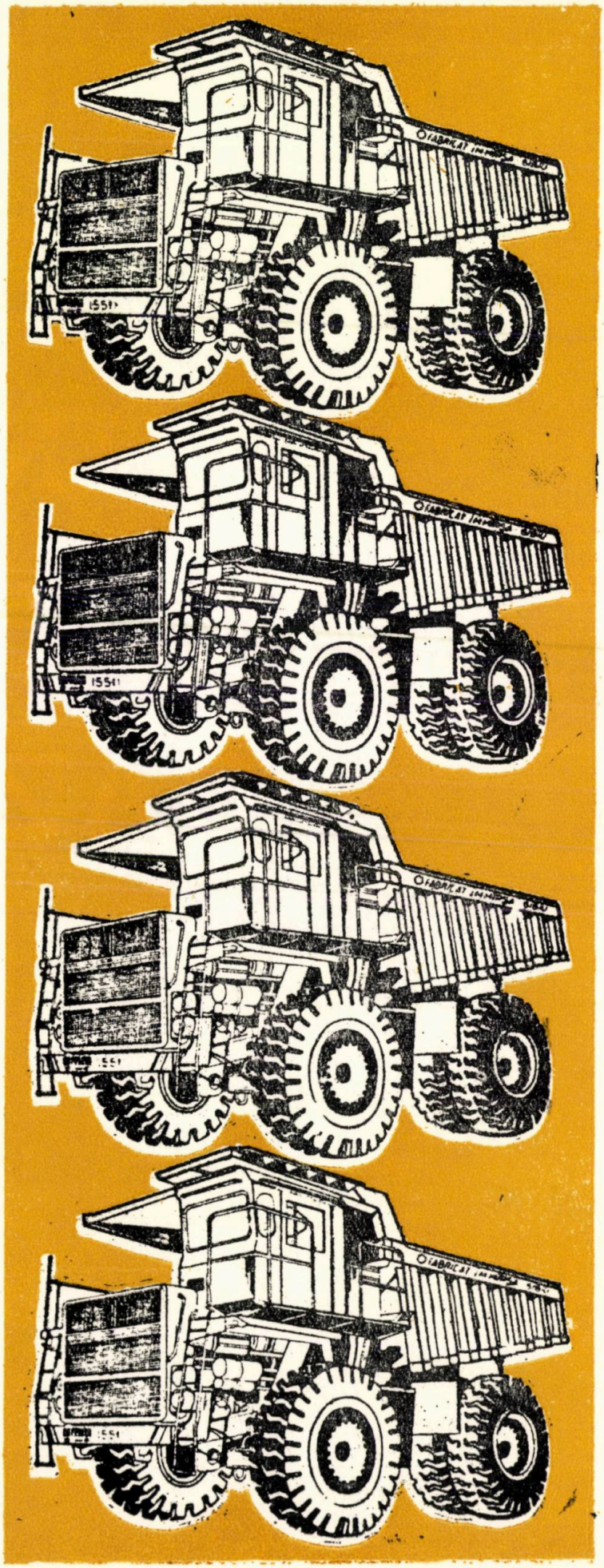
Repară:

- Autovehicule grele de transport în cariere DAC

- capacitate 55 t (26,5 $m^3$);
- putere 610 CP;
- turaţie nominală 2350 rot/min;
- masa 94 t (55 t şi 39 t);
- viteza maximă 55 km/h;
- înălţime 4360 mm;
- lungime 8420 mm;
- lăţime 4300 mm.

Se recondiţionează subansamblele:

- punte spate;
- axă faţă;
- şasiu;
- cabină;
- capotaje;
- benă;
- cilindrii de compresie (faţă-spate);
- radiatoare.



# INTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB SI REPARATII UTILAJ MINIER DEVA

I.P.S.R.U.M. DEVA
Str. C. A. Rosetti nr. 5
Tel. 14647, 15250
Cont BNRSR Deva 30.12.05.101

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XL

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

Nr. 9 1989


## CUPRINS


*Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I.* **Determinarea legilor de variaţie pentru vitezele de bază ale mecanismelor excavatoarelor cu rotor funcţionînd cu debit constant** . . . . . 413

*Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C.* **Studiu privind eforturile secţionale la inelul de boltari ţinînd seama şi de grosimea radială a zidăriei** 419

*Muste, I.* **Instalaţie de perforat găuri verticale şi în evantai** 422

*Ţiplea, V., Firtea Gh., Frentiu, T.* **Contribuţii la mecanizarea lucrărilor de perforare în abatajele minelor din cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare** . . . 425

*Cornea, Z.* **Mărimea încărcăturilor explozive de fund ale găurilor de lărgire şi profil** . . . . . 427

*Belenyeşi, Şt.* **Tehnologie de perforare-împuşcare la metoda de exploatare cu surpare în subetaje** . . . . . 433

*Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan* **Recuperarea petrolului din zăcămînt prin injecţie de apă la diferenţă de presiune constantă** . . . . . 436

*Pavel, A.* **Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie (III)** 442

*Pârcălăbescu, I. D., Frunzescu, D., Nistor, I., Georgescu, O.* **Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a cineritelor din orizonturile Podu Morii şi Kliwa superior ale Pintenului de Văleni şi unele supoziţii de geneză** 453

**Din istoria petrolului românesc** 459



COLEGIUL DE REDACŢIE

Preşedinte: ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; vicepreşedinţi: dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; membri: ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, redactor.


## REZUMATE


C.Z.621.879.48

Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I. *Determinarea legilor de variaţie pentru vitezele de bază ale mecanismelor excavatoarelor cu rotor funcţionînd cu debit constant*

Sînt demonstrate o serie de relaţii analitice pentru variaţia vitezei de pivotare şi a roţii cu cupe a excavatoarelor cu rotor; modificarea continuă şi corelată a celor două viteze conduce la un debit constant pe arcul de pivotare. Dintre variantele analizate s-au selectat cele optimale sub aspect energetic şi practic.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.281.35

Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studiu privind eforturile secţionale la inelul de boltari, ţinînd seama şi de grosimea radială a zidăriei*

Calculele efectuate conduc la concluzia că trebuie să se creeze o astfel de situaţie, încît presiunea laterală a rocilor asupra inelului de boltari să fie cît mai apropiată de valoarea presiunii verticale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.233

Muste, I. *Instalaţie de perforat găuri verticale şi în evantai*

Se prezintă construcţia, tehnologia de lucru, parametrii funcţionali, domeniile de utilizare şi avantajele instalaţiei de perforat găuri verticale şi în evantai.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.233.054

Ţiplea, V., Firtea, Gh., Frentiu, T. *Contribuţii la mecanizarea lucrărilor de perforare în abatajele minelor din cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare*

Comparativ cu utilajele de acest gen existente în dotarea întreprinderilor, căruciorul prezentat prezintă o serie de îmbunătăţiri constructive care permit transportul cu uşurinţă prin galerii, puţuri şi suitori în formă asamblată sau în subansamble uşor de montat în abataje.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.235.2 : 622.235.1

Cornea, Z. *Mărimea încărcăturilor explozive de fund ale găurilor de lărgire şi de profil*

În lucrare se face dimensionarea mărimii încărcăturilor de fund, a anticipantelor şi a numărului de găuri la tăierea cu explozivi a rocilor, în lucrările miniere în fund de sac.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.235 : 622.274.53

Belenyeşi, Şt. *Tehnologie de perforare-împuşcare la metoda de exploatare cu surpare în subetaje*

Noua tehnologie elaborată asigură extragerea completă şi la granulaţii corespunzătoare încărcării mecanizate a minereului, atît în planşeul dintre subetaje, cît şi în pilierii dintre camere.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z.622.276.43

Creţu, I., Naghzgooye Kohan Massoud *Recuperarea petrolului din zăcămînt prin injecţie de apă la diferenţă de presiune constantă*

Considerînd cazul dezlocuirii fracţionale a petrolului prin injecţie de apă într-un sistem unidimensional, în lucrare sînt prezentate rezultatele unor cercetări experimentale de laborator.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622. 82.001.4

Pavel, A. *Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie* (III)

Se formulează criteriile privind stabilirea pericolului de explozie şi se clasifică, zonîndu-se, mediile cu pericol de explozie — prin metoda generalizată. Se conturează măsurile tehnico-organizatorice de protecţie antiexplozivă, insistîndu-se asupra aspectelor privind măsurile de siguranţă/securitate (tehnică) în sectoarele tehnologice care implică utilizarea de gaze lichefiate, hidrogen gazos, amoniac gazos sau lichefiat şi sulfură de carbon.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. ş.a. *Asupra compoziţiei chimico-mineralogice a cineritelor din orizonturile Podu Morii şi Kliwa superior ale Pintenului de Văleni şi unele supoziţii de geneză*

Lucrarea propune statuarea ca orizont reper stratigrafic a nivelelor de material cineritic decelate în orizonturile stratelor de Podu Morii şi Kliwa superior din oligocenul Pînzei de Tarcău a Carpaţilor Orientali.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

# CONTENTS


C.Z. 621.879.48

Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I. *The determination of the variation laws for the basic speed of bucket wheel excavators, working at constant power*

A series of analytical relation ships for the variation of the pivoting speed and of the excavator bucket wheel is demonstrated; the steady and correlated modification of the two speeds leads to steady power on the pivoting arc. From the analysed variants those which were most optimal and practical have been selected.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.281.35

Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *On the sectional stress of arch rings, taking into consideration the radial thickness of masonry*

The calculations which have been performed lead to the conclusion that such a situation must be created, that the side pressure of rocks on the arch rings is as close as possible to the value of vertical pressure.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.233

Muste, I. *Drill rig for vertical and fanned out holes*

The construction, work technology, functional parameters, destination and benefits of the drill rig for the vertical and fanned out holes are presented.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.233.054

Ţiplea, V., Firtea, Gh., Frentiu, T. *Contributions to the mechanization of drilling operations in the stopes belonging to the Baia Mare Mining Central*

As compared to the similar equipment existing in mining enterprises in this country, the new tippler presents several constructive improvements, which allow for its easy movement through roadways, shafts and raises.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.235.2 : 622.235.1

Cornea, Z. *The size of explosive charges at the bottom of reaming and profile holes*

The article presents the size of the bottom charge, the anticipants and number of holes when using explosives for the cutting of rock, in the blind mining workings

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.235.622.274.53

Belenyesi, Şt. *Drilling and blasting technology for the sublevel caving mining method*

The new technology enables the complete mining of the ore, at corresponding sizes of particles, to the mechanized loading of ore, both on the floor between the subcavings and the pillars between the rooms.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.276.43

Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *The recovery of oil from the deposit by water injection at a constant difference of pressure*

Taking into account the case of the fractional displacement of oil by water injection in a unidimensional system, the article presents the results of laboratory experimental research work. The results have been compared with the results reffering to the calculated displacement, on the basis of a theoretical solution to the problem.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *The basis of antiexplosive protection and the diving of risky zones (III)*

The criteria regarding the explosion danger are formed, classifying the risky zones, by the generalized method. The technico-organizatorical measures for an antiexplosive protection start taking shape stressing the aspects concerning the security measures in the technological sectors, which imply the utilization of liquefied gases, gaseous hydrogen, gaseous or liquefied ammonia and carbon sulfide.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

C.Z. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. et al. *On the chemical-mineralogical composition of the Podu Morii and Superior Kliwa horizons of the Pintenul de Văleni and some suppositions regarding their genesis*

The article proposes as a reference stratigraphic horizon for the cineritic material levels in the horizons of the Podu Morii and Superior Kliwa seams, in the Pinza de Tarcău Oligocene of the Eastern Carpathians. The assertion is based on a large number of x-ray and chemico-spectral tests. Some suppositions concerning their genesis are made.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989


# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 621.879.48 ;

Михай, Д., Деджерату, П., Динулеску, И. *Определение законов изменения основных скоростей роторных экскаваторов с постоянной производительностью*

Продемонстрированы аналитические отношения для изменения скорости верчения и колеса с ковшами роторных экскаваторов; постоянное и кореляционное изменение двух скоростей приводит к постоянной производительности на арке верчения. Среди анализированных вариантов выбраны оптимальные с энергетической и практической точки зрения.

Ключевые слова: определение, скорость роторный экскаватор, изменение, вариант.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

УДК 622.281.35

Петреску, Г., Илинчою, Д., Пэсэрин, К. *Изучение секционных усилий на кольце кирпичей, учитывая радиальную толщину кирпичной кладки*

Произведенные расчёты приводят к выводу, что должно осуществить такое положение, что давление боковых пород на кирпичном кольце было как возможно близко к величине вертикального давления.

Ключевые слова: секционные усилия, кирпичное кольцо, расчёты, давление.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

УДК 622.233

Мусте, И. *Установка для бурения вертикальных скважин и в веерной форме*

Представлены конструкция, технология работы, функциональные параметры, области применения и выгоды установки для бурения вертикальных скважин и в веерной форме.

Ключевые слова: установка, бурение, скважина, технология, параметры, выгода.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

УДК 622.233.054

Ципля, В., Фыртя, Г., Френтиу, Т. *Вклады в механизацию бурильных работ в забоях шахт Объединения руд Бая Маре*

По сравнению с оборудованием этого типа, находящимся на предприятиях представленная тележка обладает многими конструктивными усовершенствованиями, обеспечивающие транспорту по выработкам, стволам и востающим выработкам в смонтированной форме или по узлам.

Ключевые слова: механизация, бурильные установки, забой, улучшение, транспорт.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

УДК 622.235.2: 622.235.1

Корня, З. *Размер глубинного взрывного заряда для шпуров расширения и профиля*

В работе установлена величина губинных зарядов, опережающих линий и количества шпуров при разработке пород взрывными материалами в глухих выработках.

Ключевые слова: взрывной заряд, размер, разработка, выработка.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

УДК 622.235: 622.274.53

Беленеш, Ш т. *Технология буровзрывным работами в рамках метода разработки с подэтажным обрушением*

Новая разработанная технология обеспечивает полную добычу руды и с соответствующими размерами для механической загрузки как в панеле между подэтажами, так и в междукамерными целиками.

Ключевые слова: технология, буровзрывбые работы, метод, подэтажное обрушение, механическая загрузка.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

УДК 622.276.43

Крецу, И., Массоуд Нагзгооуе Кохан *Отдача нефтяного пласта инъекцией воды на разности постоянного давления*

Учитывая случай фракционного вытеснения нефти инъекцией воды в моноразмерную систему, в работе представлены результаты экспериментальных лабораторных исследований. Эти результаты были сопоставлены с результатами процесса вытеснения, расчитанного на основе теоретического решения вопроса.

Ключевые слова: отдача, нефтяной пласт, давление, результаты, исследование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

УДК 622.82.001.4

Павел, А *Фундаменты взрывобезопасности и зонирование взрывоопасных сред*

Формируются критерии установления взрывоопасности и классифицируются, зонированием, взрывоопасные среды, общим методом. Выявлены технико-организаторские мероприятия по взрывобезопасности, настаивая на мероприятия технической безопасности в технологических участках в которых используются жидкие газы, газообразный водород, газосный или жидкий аммиак и сернистый углерод.

Ключевые слова: взрывобезопасность, взрывоопасные среда, мероприятия, газ, водород, аммиак.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

УДК 553.982.239: 551.217

Пыркэлэбеску, И. Д. и др. *О химико-минералогическом составе кинеритов горизонтов Поду Мори и Клива-верхний Пинтена Вэлени и соображения о генезисе*

Работа предлагает установить как горизонт стратиграфический репер уровней кинеритического материала, вкраплённого в горизонтах пластов Поду Мори и Клива врехний Олигоцена Пынзей де Таркэу Восточных Карпатов. Предложение основано на большое количество с X-излучениями и эмиссионно-химико-спектральных анализов. Сделаны соображения о генезисе.

Ключевые слова: состав, кинериты, горизонт, Клива, Восточные Карпаты, анализ.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

## INHALT

C.Z. 621.879.48

Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I. *Bestimmung der Variationsgesetze für die Grundgeschwindigkeiten der Mechanismen der Schaufelradbagger unter konstantem Mengenbetrieb*

Nachgewiesen werden eine Reihe von analytischen Beziehungen für die Variation der Drehgeschwindigkeit und deren des Schaufelrades, bei den Schaufelradbaggern. Die ständige und korrelierte Änderung der beiden Geschwindigkeiten führt zu einer konstanten Menge auf dem Drehbogen. Aus den betrachteten Varianten wurden die, die unter den energetischen und praktischen Gesichtspunkten optimal sind, gewählt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.281.35

Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studium betreffend die Schnittspannungen bei den Bolzenringen, unter Berücksichtigung der Radialdicke des Mauerwerks*

Die durchgeführten Berechnungen führen zu der Schlussfolgerung, dass eine solche Situation vorhanden sein muss, dass der seitliche Druck der Gebirge auf den Bolzenring möglichst nahe zum Wert des senkrechten Drucks sein soll.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.233

Muste, I. *Bohranlage für senkrechte und Fächerlöcher*

Vorgestellt werden die Konstruktion, die Arbeitstechnologie, die Betriebsparameter, die Anwendungsgebiete und die Vorteile der Bohranlage für senkrechte und Fächerlöcher.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.233.054

Ţiplea, V., Fîrtea, Gh., Frentiu, T. *Beitragungen zur Mechanisierung der Bohrarbeiten in den Abbauörtern der Gruben der Erzzentralle Baia Mare*

Im Vergleich mit den Geräten dieses Typs aus der Ausstattung der Betriebe, weist der vorgestellte Bohrwagen eine Reihe von konstruktiven Verbesserungen, auf, welche die Strekken-, Schachts- und Blindschachtsförderung, in zusannengebauter Form oder in leicht montierbaren Unterbaugruppen, erlaubt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.235.2 : 622.235.1

Cornea, Z. *Die Grösse der Bohrlochsohlensprengladungen für Erweiterungsund Profillöcher*

In der Arbeit erfolgt die Dimensionierung der Bohrlochsohlensprengladungen, der Vorbohrlöcher und der Löcheranzahl bei der Sprenggewinnung im Gestein, bei Blindgrubenbauen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.235 : 622.274.53

Belenyeşi, Şt. *Bohr- und Sprengtechnologie bei dem Teilsohlenbruchbauverfahren*

Die neu erarbeitete Technologie sichert die volkommliche Gewinnung mit zwecksmässiger Korngrösse, die mechanisierte Ladung des Erzes, sowohl zwischen den Teilsohlen als auch in den Pfeilern zwischen den Kammern.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.276.43

Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *Die Ölgewinnung aus Lagerstätten durch Wasserinjektion bei konstanter Druckdifferenz*

Unter Betrachtung des Falls der fraktionierten Ölverdrängung durch Wasserinjektion, in einem eindimensionalen System, werden in der Arbeit die Ergebnisse einiger experimentellen Laborforschungen vorgestellt.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Die Grundlagen des Explosionsschutzes und die Zonierung der explosionsgefährdeten Medien (III)*

Vorgestellt werden die Kriterien betreffend die Festlegung des Explosionsgefahrs und die explosionsgefährdeten Medien werden — zonierend, durch die verallgemeinerte Methode, klassifiziert. Die technisch — organisatorische Explosionsschutzmassnahmen werden ausgezeichnet und es wird auf die Aspekte der technischen Sicherheitsmassnahmen in den technologischen Abteilungen in welchen flüssige Gase, Wasserstoffgas, Ammoniakgas, Schwefelkohlenstoff verwendet werden, bestanden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. et al. *Über die chemisch — mineralogische Zusammensetzung der Zinerite in den Horizonten Podu Morii und Höhere Kliwa der Antiklinalnase Văleni und einige Genesisannahmen*

Die Arbeit schlägt die Akzeptierung der Ebenen mit zineritischem Stoff, welche in den Horizonten der Schichten von Podu Morii und der Höheren Kliwa aus dem Oligozän der Tarcău Nappe in den Ostlichen Karpathen entdeckt wurden, als stratigraphischer Markzeichenhorizont, vor. Die Behauptung basiert sich auf eine grosse Zahl von Röntgen— und chemisch — spektralen Emissionsanalysen. Es werden einige Genesisannahmen gemacht.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

# SOMMAIRE


C.Z. 621.879.48

Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I. *La détermination des lois de variation pour les vitesses de base des mécanismes des excavateurs à roue fonctionnant à débit constant*

On démontre une série de relations analytiques pour la variation de la vitesse de pivotement et de la roue à godets des excavateurs à roue ; la modification continue et correlée des deux vitesses mène à un débit constant sur l'arc de pivotement. Des variantes analysées on a choisi celles optimales sous aspect énergétique et pratique.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.281.35

Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Étude concernant les efforts séctionels de l'anneau de voussoirs, tenant compte aussi de l'épaisseur radiale de la maçonnerie*

Les calculs effectués mènent à la conclusion qu'on doit créer une telle situation que la pression latérale des roches sur l'anneau de voussoirs soit le plus approchée que possible de la valeur de la préssion verticale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z6. 22.233

Muste, I. *Installation pour la pérforation des trous vérticaux et en évantail*

On présente la construction, la téchnologie de travail, les paramètres fonctionels, les domaines d'utilisation et les avantages de l'instalation pour la pérforation des trous vérticaux et en évantail.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.233.054

Ţiplea, V., Firtea, Gh., Frentiu, T. *Contributions à la mécanisation des travaux de pérforation dans les tailles des mines du cadre de la Centrale des Minerais Baia Mare*

Comparativement avec les outillages de ce genre qui existent dans la dotation des entreprises, le charriot présenté manifeste une série d'ammélioratıons constructives qui permettent le transport aisé dans les galéries, puits et cheminées, assemblé ou par sous-ensembles faciles à monter dans les tailles.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.235.2 : 622.235.1

Cornea, Z, *La quantité des charges explosives de fond des trous d'agrandissement et de profile*

Dans l'ouvrage on fait le dimmensionnement de la grandeur des charges de fond, des anticipantes et du nombre de trous à l'abattage à l'aide des explosifs des roches, dans les travaux miniers en cul-de-sac.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.235 : 622.274.53

Belenyeşi, Şt. *Technologie de perforation-tir dans la méthode d'exploitation à foudroyage par sous-étages*

La nouvelle technologie élaborée assure l'extraction complète et à des granulations correspondentes au robinage mécanisé du minerai, dans le plancher entre les sous-étages, aussi que dans les piliers entre les chambres.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.276.43

Creţu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *La recuperation du petrole du gisement par injection d'eau à différence de pression constante*

Prennant en considération le cas du déplacement fractionel du pétrole par injéction d'eau dans un système unidimmensionnel, on présente dans l'ouvrage les résultats de quelques recherches experimentales de laboratoire. Ces résultats ont été comparés avec la performance du processus de déplacement calculé en base d'une résolution théorique du problème.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 622.82.001.4

Pavel, A. *Les fondamments de la protéction antiexplosive et le traçage des milieux à périe d'explosion (III)*

On formule quelques critéres concernant la stabilité du péril d'explosion et on classifie, en les traçant, les milieux à danger d'explosion — par la méthode généralisée. On mentionne les mesures techniques-organisatoriques de protéction antiexplosive, en insistant sur les aspects concernant les mesures de sûreté/sécurité (technique) dans les sécteurs technologiques qui impliquent l'utilisation des gas liquéfiés, du hydrogène gaseux, de l'ammoniac gaseux ou liquéfié et de la sulfure de carbon.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989

---

C.Z. 553.982.239 : 551.217

Pârcălăbescu, I. D. et al. *Sur la composition chimique-minéralogique des cinérites des horizons Podu Morii et Kliwa supérieur appartenant à Pintenu de Văleni et quelques suppositions de génèse*

L'ouvrage se propose de statuer comme répère stratigraphique les niveaux de matériel cinéritique décelés des horizons des couches de Podu Morii et Kliwa supérieur de l'Oligocène de Pînza de Tarcău des Carpathes Orientales. L'affirmation est fondée sur un grand nombre d'analyses à rayons X et chimiques-spectrales d'émission. On fait quelques suppositions de génèse.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 9, 1989,


---


Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră Bucureşti. Calea Victoriei 220, sector 1 cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 1449

**Preţul : 13 lei/exemplar**

Grafica A. Socaciu

# Determinarea legilor de variaţie pentru vitezele de bază ale mecanismelor excavatoarelor cu rotor funcţionînd cu debit constant

Asist. ing. **D. Mihai**, prof. dr. ing. **P. Degeratu**
Universitatea din Craiova
cerc. şt. **I. Dinulescu**, I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Introducere

În bazinul minier al Olteniei, unde toate procesele de producţie sînt mecanizate în proporţie de 100%, se impune — pentru perioada imediat următoare — intensificarea acţiunilor pentru îmbunătăţirea funcţionării utilajelor de mare productivitate din ciclul excavare-transport-haldare, atît în sensul optimizării, cu minimum de modificări, a funcţionării instalaţiilor existente, cît şi prin extinderea acţionărilor electrice reglabile şi, o dată cu aceasta, a gradului de automatizare. Avînd în vedere valoarea importantă a investiţiilor pe care le implică acest ultim aspect, pentru soluţiile propuse trebuie să se dispună de o bună fundamentare teoretică corelată cu posibilităţile practice de aplicare. Obiectivul lucrării constă în stabilirea relaţiilor analitice care descriu modul de variaţie a vitezei de pivotare şi a vitezei rotorului cu cupe de la excavatoarele cu braţ fix (tipul cu răspîndire curentă în cariere). La aceste utilaje, o dată cu mărirea unghiului de pivotare, se diminuează secţiunile aşchiei excavate în plan vertical şi orizontal. Pentru a menţine în aceste condiţii debitul constant de material excavat, se impune mărirea continuă a vitezelor de pivotare şi de rotaţie a cupelor spre extremităţile arcelor de pivotare. Problema este parţial şi succint abordată în literatura de specialitate. Relativ la variaţia vitezei de pivotare, se propun — fără demonstraţie sau trimiteri bibliografice — relaţii analitice în [3] şi [5], iar în [4] se expune succint o argumentare grafică a aceleiaşi relaţii, fără a avea nivel de demonstraţie. Autorii nu au identificat materiale care să trateze modul de variaţie a vitezei de rotaţie a cupelor şi corelarea acestei mişcări cu cea a mecanismului de pivotare.

Pentru modificarea în trepte a vitezei de pivotare (în număr redus), în scopul diminuării pierderilor de debit la unghiuri de pivotare mari, există deja soluţii practice.

La excavatoarele româneşti ESRc—470 se folosesc în acest sens dispozitive electromecanice de tipul programatoarelor rotative. O serie de dezavantaje legate de modificarea greoaie a programului şi numărul redus de trepte, precum şi unele probleme legate de fiabilitatea echipamentului conduc la ideea îmbunătăţirii sistemului sub aspectul implementării unei legi de variaţie continuă sau cvasicontinuă, a utilizării comutaţiei statice şi a corelării cu sistemul de comandă al acţionării roţii cu cupe.

## II. Notaţii utilizate

- $\varphi$ — unghiul de pivotare (dintre proiecţia în plan orizontal a braţului şi direcţia de marş);
- $r$ — raza rotorului port-cupe;
- $R$ — lungimea braţului port-rotor;
- $t_0$ — grosimea maximă a aşchiei;
- $\alpha$ — unghiul dintre verticală şi raza poziţiei curente a cupei;
- $V_{d\varphi}$ — volumul aşchiei dislocate la o variaţie $d\varphi$ a unghiului de pivotare;
- $dt$ — timpul necesar realizării unghiului $d\varphi$;
- $\omega_{p\varphi}, v_{p\varphi}$ — viteza unghiulară şi respectiv liniară de pivotare la unghiul $\varphi$;
- $\omega_{r\varphi}, v_{r\varphi}$ — viteza unghiulară şi respectiv liniară la roata cu cupe pentru unghiul de pivotare $\varphi$;
- $\omega_{p0}, v_{p0}$ — vitezele de pivotare la centru ($\varphi = 0$);
- $\omega_{r0}, v_{r0}$ — vitezele de rotaţie a cupelor la centru ($\varphi = 0$);
- $\nu$ — viteza relativă (prin raportare la $\omega_0$ sau $v_0$);
- $Q$ — debitul orar excavator, $m^3/h$;
- $b$ — lăţimea aşchiei excavate;
- $t(\varphi)$ — grosimea maximă a aşchiei la unghiul de pivotare $\varphi$.

## III. Precizarea unor relaţii ajutătoare

Relaţiile demonstrate în continuare, din considerente geometrice relative la procesul tehnologic, presupun o funcţionare regulată a excavatorului, în sensul unui ciclu de lucru oarecum simplificat şi repetabil — lucru relativ greu de realizat în condiţiile variate pe care le oferă zăcămîntul. De asemenea, din motive de prelucrabilitate, se va face uz de anumite aproximări — dacă erorile respective se vor dovedi acceptabile. Cu toate acestea, rezultatele vor fi concludente şi preţioase din punct de vedere al argumentării unei metode sau a alteia pentru automatizarea funcţionării utilajului la parametri optimi. Pe de altă parte, relaţiile obţinute servesc la stabilirea legilor de referinţă pentru variaţia vitezelor $\omega_p(\varphi)$ şi $\omega_r(\varphi)$, legi corectate sub acţiunea buclelor de reacţie din structura sistemelor de reglare automată. Sistemele de comandă vor trebui deci sintetizate ca sisteme adaptiv-optimale, avînd în vedere că modelul

global al procesului este un model stochastic datorită, în principal, variaţiei aleatoare a proprietăţilor fizico-mecanice ale rocilor.

Relativ la figura 1, pentru două poziţii succesive pe direcţia de marş, la o aceeaşi subtreaptă

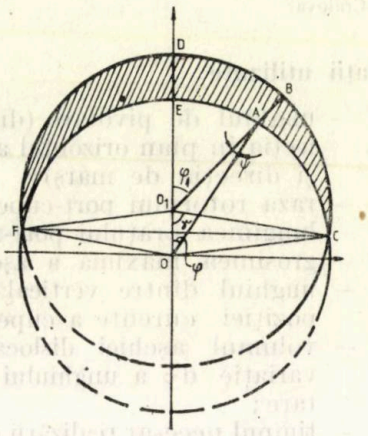



Fig. 1. Determinarea segmentelor $O_1A$, $AB$ şi a $S_{CDFEC}$.

(modul de lucru în bloc), centrul de rotaţie a braţului ocupă poziţiile $O$ şi respectiv $O_1$, separate prin distanţa $t_0$. Se vor determina lungimile segmentelor $O_1A$ şi $AB$, ultimul reprezentînd $t(\varphi)$.

Din $AO_1O$ :

$$O_1A = R\,\frac{\sin(\varphi_1 - \psi)}{\sin\varphi_1} = \sqrt{R^2 - t_0^2\sin^2\varphi_1} - t_0\cos\varphi_1. \tag{1}$$

Relaţia (1) se poate verifica prin particularizare pentru punctele $C$ şi $D$.

$$AB = R - O_1A = R + t_0\cos\varphi_1 - R\cdot\sqrt{1 - \left(\frac{t_0\sin\varphi_1}{R}\right)^2}. \tag{2}$$

Dezvoltînd radicalul în serie de puteri, se obţine :

$$t(\varphi_1) \simeq t_0\left(\cos\varphi_1 + \frac{t_0^2\sin^2\varphi_1}{2R}\right). \tag{3}$$

În [1] şi [2] se foloseşte forma simplificată :

$$t(\varphi_1) \simeq t_0\cos\varphi_1. \tag{4}$$

Pentru $S = S_{CDEFC}$, se obţine succesiv :

$$S = S_{FO_1CDF} - S_{CO_1FEC}. \tag{5}$$

$$S = R^2(\pi - 2\gamma) + t_0 R\sin\gamma. \tag{6}$$

$$S = R^2\left(\pi - 2\arccos\frac{t_0}{2R}\right) + t_0 R\cdot\sqrt{1 - \frac{t_0^2}{4R^2}}. \tag{7}$$

Relaţia (7) se poate verifica prin particularizările $t_0 = 0$ şi $t_0 = 2R$.

În continuare se va obţine o relaţie pentru secţiunea de aşchie în plan orizontal corespunzătoare unei variaţii mici $d\varphi$ a unghiului de pivotare (fig. 2).

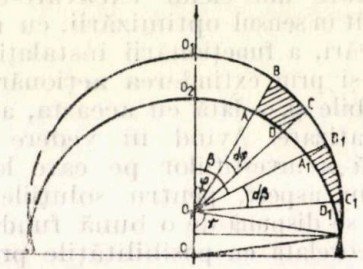



Fig. 2. Relativ la calculul $S_{ABCD}$.

Aproximînd :

$$\sin d\varphi \simeq d\varphi \tag{8}$$

$$O_1A \simeq O_1D,$$

se obţine :

$$S_{ABCD} = S_{O_1BC} - S_{O_1AD} = \frac{\pi R^2}{2\pi}\cdot d\varphi - \frac{d\varphi}{2}\cdot O_1A^2. \tag{9}$$

Utilizînd pentru $O_1A$ relaţia (1), rezultă :

$$S_{ABCD} \simeq \frac{d\varphi}{2}\cdot[2t_0\cdot\cos\varphi\cdot\sqrt{R^2 - t_0^2\sin^2\varphi} - t_0^2\cos 2\varphi] \overset{N}{=} S_{d\varphi}. \tag{10}$$

Relaţia (10) s-a verificat prin calculul :

$$S_{CDFEC} = \int_0^{\pi-\gamma} S_{d\varphi}\cdot d\varphi \tag{11}$$

şi comparînd rezultatul cu (9).

## IV. Determinarea legii de variaţie $\omega_p(\varphi)$ pentru volum de material dislocat constant în timp

*Varianta secţiunilor echivalente*

Fără a face referiri la forma aşchiei în plan vertical, impunînd (fig. 2) :

$$S_{ABCD} = S_{A_1B_1C_1D_1} \tag{12}$$

și parcurgerea lor în același timp $dt$, rezultă:

$$\frac{d\varphi}{dt}\cdot[2\,t_0\cdot\cos\varphi\cdot\sqrt{R^2-t_0^2\cdot\sin^2\varphi}-t_0^2\cos 2\varphi]= \tag{13}$$

$$=\frac{d\beta}{dt}\cdot[2t_0\cdot\cos\beta\cdot\sqrt{R^2-t_0^2\sin^2\beta}-t_0^2\cdot\cos 2\beta]\cdot$$

La $\beta=0$, $\dfrac{d\beta}{dt}=\omega_{p0}$ rezultă:

$$\nu_p(\varphi)=\frac{\omega_{p\varphi}}{\omega_{p0}}=\frac{\dfrac{d\varphi}{dt}}{\left.\dfrac{d\beta}{dt}\right|_{\beta=0}}=$$

$$=\frac{2R-t_0}{2R\cdot\cos\varphi\cdot\sqrt{1-\left(\dfrac{t_0\sin\varphi}{R}\right)^2}-t_0\cos 2\varphi}\simeq \tag{14}$$

$$\simeq\frac{2R-t_0}{2R\cos\varphi-\dfrac{t_0^2}{R}\cdot\cos\varphi\cdot\sin^2\varphi-t_0\cos 2\varphi}\cdot$$

În condițiile:

$$t_0\ll 2R; \tag{15}$$

$$\cos 2\varphi<\cos\varphi;$$

$$\frac{1}{R}\cdot t_0^2\cdot\sin^2\varphi\cdot\cos\varphi\ll 2R\cos\varphi,$$

se obține forma simplificată [3], [4], [5]:

$$\nu_p(\varphi)=\frac{1}{\cos\varphi};\quad \omega_p(\varphi)=\frac{\omega_{p0}}{\cos\varphi}. \tag{16}$$

Legea de variație (16) nu garantează și volume egale de material extrase în timp, deci debit constant.

*Varianta volumelor echivalente*

În figura 3, cercurile de centre $O$ și respectiv $O'$ reprezintă două poziții ale rotorului separate între ele prin unghiul $d\varphi$. Pentru o variație a unghiului $\alpha$ cu $d\alpha$, volumul dislocat va fi mărginit de suprafețele $S_{MNPQ}$ și $S_{M'N'P'Q'}$ și va fi notat $dV_{d\varphi,d\alpha}$:

$$dV_{d\varphi,d\alpha}\approx S_{MNPQ}\cdot h_{med}. \tag{17}$$

Pentru calculul $S_{MNPQ}$ s-a utilizat relația (10) particularizată cu:

$$d\varphi\to d\varphi'=2\arcsin\left(\sin\alpha\cdot\sin\frac{d\varphi}{2}\right) \tag{18}$$

$$R\to R'=\frac{R}{\sin\alpha}\cdot \tag{19}$$

$$t_0\to t_0\cdot\sin\alpha. \tag{20}$$

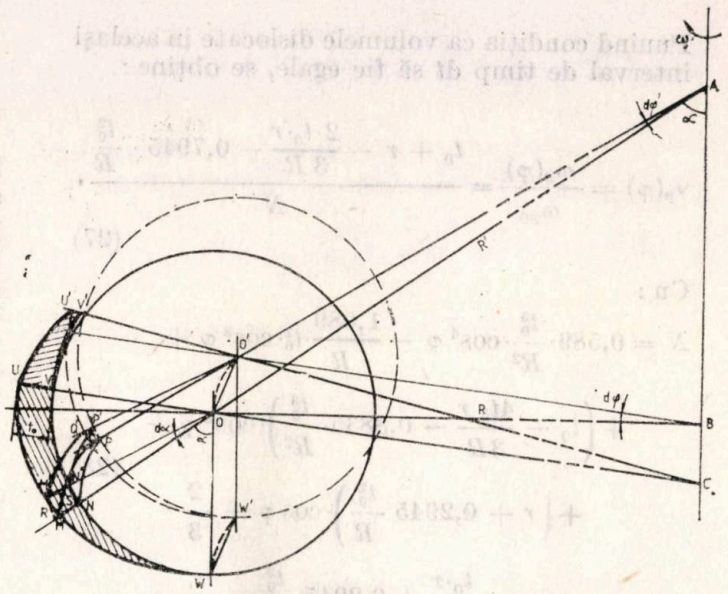



Fig. 3. Relativ la calculul volumului $dV_{d\varphi d\alpha}$

Folosind aproximarea [1]:

$$MN\approx M'N'=t_0\varphi\cdot\sin\alpha, \tag{21}$$

rezultă:

$$h_{med}\simeq\frac{1}{2}(r+M'N'+r)\cdot\operatorname{tg}(d\alpha). \tag{22}$$

În aceste condiții:

$$V_{d\varphi,d\alpha}=\arcsin\left(\sin\alpha\cdot\sin\frac{d\varphi}{2}\right)\cdot\operatorname{tg}(d\alpha)\cdot\Big[r+$$

$$+\frac{\sin\alpha}{2}\cdot(R+t_0\cos\varphi-\sqrt{R^2-t_0^2\sin^2\varphi})\Big]\cdot$$

$$\cdot[2t_0\cos\varphi\sqrt{R^2-t_0^2\cdot\sin^4\alpha\cdot\sin^2\varphi}-$$

$$-t_0^2\cdot\sin\alpha\cdot\cos 2\alpha]=F_1(\alpha,d\varphi,t_0,R,\varphi). \tag{23}$$

$$V_{d\varphi}=\int_0^{\alpha_{max}}dV_{d\varphi,d\alpha}=F_2(t_0,r,R,\varphi,\alpha_{max})\cdot d\varphi. \tag{24}$$

Calculul integralei (24) este destul de laborios și s-a efectuat (analitic) în condiția $\alpha_{max}=\dfrac{\pi}{2}$ și a utilizării unor aproximări generatoare de erori neglijabile.

Utilizînd relația (24), rezultă:

$$V_{d\varphi}=F_2(t_0,r,R,\varphi)\cdot\omega_p(\varphi)\cdot dt. \tag{25}$$

$$V_{d\varphi}\Big|_{\varphi=0}=F_2(t_0,r,R)\cdot\omega_{p0}\cdot dt. \tag{26}$$

Punînd condiţia ca volumele dislocate în acelaşi interval de timp $dt$ să fie egale, se obţine :

$$\nu_p(\varphi) = \frac{\omega_p(\varphi)}{\omega_{p0}} = \frac{t_0 + r - \frac{2 \cdot t_0 \cdot r}{3R} - 0{,}7945 \cdot \frac{t_0^2}{R}}{N}. \tag{27}$$

Cu :

$$N = 0{,}589 \cdot \frac{t_0^3}{R^2} \cdot \cos^4 \varphi - \frac{1{,}089}{R} \cdot t_0^2 \cdot \cos^3 \varphi + \left(t_0 - \frac{4 t_0 \cdot r}{3R} - 0{,}8835 \cdot \frac{t_0^3}{R^2}\right) \cdot \cos^2 \varphi + \left(r + 0{,}2945 \frac{t_0^2}{R}\right) \cdot \cos \varphi + \frac{2}{3} \cdot \frac{t_0 \cdot r}{R} + 0{,}2945 \cdot \frac{t_0^3}{R^2}. \tag{28}$$

Neglijînd o serie de termeni cu valori foarte mici, se obţin formele aproximante :

$$\nu_p(\varphi) \simeq \frac{t_0 + r - \frac{2 t_0 \cdot r}{3R}}{t_0 \cdot \cos^2 \varphi + r \cdot \cos \varphi - \frac{2 t_0 \cdot r}{3R} \cdot \cos 2\varphi}. \tag{29}$$

$$\nu_p(\varphi) \simeq \frac{t_0 + r}{t_0 \cdot \cos^2 \varphi + r \cdot \cos \varphi}. \tag{30}$$

$$\nu_p(\varphi) \simeq \frac{1}{\cos \varphi}. \tag{31}$$

La ultima formă se poate ajunge şi printr-un calcul mai sumar, considerînd volumul aşchiei $V_{d\varphi}$ ca fiind dat de produsul dintre aria secţiunii $UVW_\varphi$ şi o profunzime echivalentă, proporţională cu $d\varphi$ :

$$dV_{d\varphi} \simeq S_{UVW_\varphi} \cdot k \cdot d\varphi \simeq k \cdot (R + t_0 \cos \varphi - \sqrt{R^2 - t_0^2 \cdot \sin^2 \varphi}) \cdot \omega_p(\varphi) \cdot dt. \tag{32}$$

Pentru :

$$dV_{d\varphi}\big|_{\varphi=0} = dV_{d\varphi}, \tag{33}$$

rezultă :

$$\nu_p(\varphi) = \frac{\omega_p(\varphi)}{\omega_{p0}} = \frac{(R + t_0 \cdot \cos \varphi - \sqrt{R^2 - t_0^2 \cdot \sin^2 \varphi})\big|_{\varphi=0}}{R + t_0 \cdot \cos \varphi - \sqrt{R^2 - t_0^2 \sin^2 \varphi}} \simeq \frac{1}{\cos \varphi}. \tag{34}$$

## V. Determinarea legii de variaţie a vitezei roţii cu cupe pentru păstrarea constantă a debitului

Modificarea continuă a vitezei $\nu_p(\varphi)$ conduce la volume egale pentru aşchiile excavate în aceeaşi unitate de timp la diferite unghiuri de pivotare. Pentru a asigura volume egale şi pentru cantităţile de material dislocate şi preluate în cupe se impune modificarea, de asemenea, a vitezei roţii cu cupe. Pe de altă parte, dacă $v_r = \text{const.}$ cînd $v_p(\varphi)$ creşte, apar solicitări mecanice mari la nivelul braţului port-rotor şi suprafaţa taluzului nu este corespunzătoare (lăţimea aşchiei fiind mai mică decît $\Delta\varphi$ corespunzător trecerii a două cupe succesive).

Debitul excavatorului depinde de următorii parametri [7] :

$$Q = b_{med} \cdot t_0 \cdot v_{pmed} \cdot 3\,600, \ \text{m}^3/\text{h}. \tag{35}$$

Pentru un calcul exact, se va lucra cu forma :

$$Q(\varphi) = b(\varphi) \cdot t(\varphi) \cdot v_p(\varphi) \cdot 3\,600, \ \text{m}^3/\text{h}. \tag{36}$$

Dacă numărul cupelor este $n_c$, rezultă :

$$b(\varphi) = v_p(\varphi) \cdot \frac{T}{v_r(\varphi)} = v_p(\varphi) \cdot \frac{2\pi}{n_c} \cdot r \cdot \frac{1}{v_r(\varphi)}. \tag{37}$$

Deci :

$$Q(\varphi) = 3\,600 \cdot \frac{v_p^2(\varphi)}{v_r(\varphi)} \cdot \frac{2\pi}{n_c} \cdot r \cdot t_0 \cdot \left(\cos \varphi + \frac{t_0 \cdot \sin^2 \varphi}{2R}\right). \tag{38}$$

Din condiţia :

$$Q(\varphi) = Q(\varphi = 0) = Q_N = \text{const.} \tag{39}$$

rezultă :

$$v_r(\varphi) = v_{r0} \cdot \frac{v_p^2(\varphi)}{v_{p0}} \cdot \left(\cos \varphi + \frac{t_0}{2R} \cdot \sin^2 \varphi\right) \tag{40}$$

sau :

$$\nu_r(\varphi) = \frac{\left(\cos\varphi + \frac{t_0}{2R} \cdot \sin^2 \varphi\right) \left(t_0 + r - \frac{2 t_0 \cdot r}{3R} - 0{,}7945 \cdot \frac{t_0^2}{R}\right)^2}{N^2}, \tag{41}$$

unde $N$ are expresia (28). Sintetic :

$$v_r(\varphi) = v_{r0} \cdot G(t_0, r, R, \varphi). \tag{42}$$

Dacă se lucrează cu relaţiile simplificate :

$$v_p(\varphi) = \frac{v_{p0}}{\cos \varphi}; \quad t(\varphi) = t_0 \cdot \cos \varphi,$$

rezultă :

$$v_r(\varphi) = \frac{v_{r0}}{\cos\varphi}. \qquad (43)$$

**VI. Determinarea vitezelor de bază $v_{p0}$ și $v_{r0}$**

Se calculează inițial turația maximă a roții cu cupe din condițiile de descărcare gravitațională a acestora și de înscriere a materialului în zona de alimentare a transportorului.

Se determină $v_{rmax}$ :

$$v_{rmax} = \frac{2\pi n_{max}}{60} \cdot r. \qquad (44)$$

Specificînd $\varphi_{max}$, rezultă :

$$v_{rmax} = v_r(\varphi_{max}) = v_{r0} \cdot G(t_0, r, R, \varphi_{max}), \qquad (45)$$

de unde :

$$v_{r0} = \frac{\frac{2\pi r}{60} \cdot n_{max}}{G(t_0, r, R, \varphi_{max})}. \qquad (46)$$

Pentru $v_{p0}$ se revine la condiția păstrării constante a debitului :

$$Q(\varphi) = Q(\varphi = 0) = Q_N = 3\,600 \cdot \frac{v_{p0}^2}{v_{r0}} \cdot \frac{2\pi}{n_c} \cdot r \cdot t_0. \qquad (47)$$

$$v_{p0} = \frac{1}{60} \sqrt{\frac{Q_N \cdot v_{r0} \cdot n_c}{2\pi \cdot r \cdot t_0}}. \qquad (48)$$

e utilizează forma simplificată :

$$v_r(\varphi) = \frac{v_{r0}}{\cos\varphi},$$

se determină :

$$v_{r0_1} = v_r(\varphi_{max}) \cdot \cos\varphi_{max} \qquad (49)$$

și corespunzător se determină $v_{p0_1}$ cu relația (47).

Problema determinării vitezelor de bază nu este epuizată, fiind o etapă esențială în dimensionarea sistemelor de acționare de la roata cu cupe și de la pivotare. Aspectele diferă, după cum este vorba de un utilaj nou (în curs de proiectare) sau de unul existent. În primul caz, pentru realizarea unui debit $Q_N$ se corelează numărul cupelor, capacitatea acestora și turația roții prin coeficientul de umplere a cupelor, impus la o valoare precizată pentru $\varphi = 0$. În al doilea caz, se redimensionează sistemul de acționare a roții cu cupe sub aspectul turației maxime.

**VII. Bazele de decizie pentru adaptarea unor relații $v_p(\varphi)$ și $v_r(\varphi)$**

Prin diferite metode s-au dedus mai multe forme de variație pentru viteza de pivotare (14), (27), (29), (30), (31) — și, corespunzător acestora, formele pentru viteza roții cu cupe în condițiile păstrării debitului constant.

Formele cele mai exacte — (27) și (41) — sînt dificil de manipulat ; formele simplificate (31) și respectiv (43) sînt ușor prelucrabile și implementabile. Pentru compararea rezultatelor generate de aceste forme extreme s-a elaborat un program pe calculator care realizează următoarele prelucrări :

**a** — calculează și listează valorile $v_p(\varphi)$, $v_r(\varphi)$ și $t(\varphi)$, folosind relațiile aproximative și exacte la un pas $d\varphi$ impus de utilizator;

**b** — trasează curbele $v_p(\varphi)$, $v_r(\varphi)$, $t(\varphi)$ pentru formele exacte și cele aproximative.

În ultimul caz s-au avut în vedere și combinațiile :

$$v_{pa_1}(\varphi) = \frac{v_{p0}}{\cos\varphi}; \quad v_{ra_1}(\varphi) = \frac{v_{r0}}{\cos\varphi};$$
$$v_{pa_2}(\varphi) = \frac{v_{p0_1}}{\cos\varphi}; \quad v_{ra_2}(\varphi) = \frac{v_{r0_1}}{\cos\varphi}. \qquad (50)$$

**c** — calculează valorile medii pentru $v(\varphi)$. La formele de tipul :

$$v(\varphi) = \frac{v_0}{\cos\varphi}$$

rezultă analitic :

$$v_{med} = \frac{1}{\varphi_{max}} \cdot \int_0^{\varphi_{max}} v(\varphi)\, d\varphi = \frac{v_0}{\varphi_{max}} \cdot \ln\left|\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{max}}{2}\right)\right|. \qquad (51)$$

Pentru :

$$t(\varphi) = t_0 \cdot \cos\varphi ;$$

$$t_{med} = \frac{t_0}{\varphi_{max}} \cdot \sin\varphi_{max}. \qquad (52)$$

Pentru relațiile exacte, datorită dificultăților analitice s-a procedat la apelarea unui subprogram de integrare numerică.

**d** — calculează erorile care apar la utilizarea relațiilor aproximative, estimatorii de eroare folosiți fiind :

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} (v_i^2(\varphi) - v_{ai}^2(\varphi))}. \qquad (53)$$

$$N = \left[\frac{\varphi_{max}}{d\varphi}\right] + 1.$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{v_{med}} \cdot \frac{max}{i=1,N} (|v_i(\varphi) - v_{ai}(\varphi)|). \quad (54)$$

e — calculează timpul de pivotare pentru fiecare dintre relații.
Din :

$$d\varphi = \omega_p(\varphi) \cdot dt = \frac{v_p(\varphi)}{R} \cdot dt, \quad (55)$$

rezultă :

$$t_{piv} = 2 \int_0^{\varphi_{max}} \frac{R}{v_p(\varphi)} \cdot d\varphi. \quad (56)$$

La relațiile aproximative

$$t_{piv} = \frac{2R}{v_{p0}} \cdot \sin\varphi_{max}, \quad (57)$$

iar pentru relațiile exacte integrala (56) s-a evaluat numeric.

f — evaluează accelerațiile maxime la pivotare și la roata cu cupe (sursa componentelor dinamice din diagrama de sarcină a motoarelor electrice de acționare).

Analiza rezultatelor programului pentru excavatorul ESRC-1400 evidențiază următoarele concluzii :

- valorile $v_a(\varphi)$ și $t_a(\varphi)$ diferă foarte puțin de $v(\varphi)$ și $t(\varphi)$, erorile locale maxime fiind sub 2,5%.

$$v_{pa1}(\varphi) \leqslant v_p(\varphi) \leqslant v_{pa2}(\varphi)$$
$$v_{ra1}(\varphi) \leqslant v_r(\varphi) \leqslant v_{ra2}(\varphi) \quad (58)$$
$$t_a(\varphi) \leqslant t(\varphi) ;$$

- din punct de vedere al valorilor medii, formele exacte sînt cel mai bine aproximate de $v_{pa2}$ și $v_{ra2}$ ;
- erorile medii pătratice sînt mici și sensibil reduse la utilizarea formelor $v_{a2}(\varphi)$ :

$$\varepsilon_{1pa2} = 0{,}0002 ; \quad \varepsilon_{1ra2} = 0{,}0004 ;$$

- erorile maxime raportate sînt de asemenea mult reduse la utilizarea formelor $v_{a2}(\varphi)$ ;

$$\varepsilon_{2pa2} = 0{,}0084 ; \quad \varepsilon_{2ra2} = 0{,}022 \quad (59)$$
$$t_{piva2} < t_{piv} < t_{piva1};$$

- accelerațiile maxime sînt ușor mărite la formele aproximative.

Sintetizînd rezultatele, este evident că o foarte bună aproximare a legilor de variație exacte le oferă formele :

$$v_{pa2}(\varphi) = \frac{v_{p01}}{\cos\varphi} ; \quad v_{ra2}(\varphi) = \frac{v_{r01}}{\cos\varphi} ; \quad (60)$$
$$t_a(\varphi) = t_0 \cdot \cos\varphi.$$

Utilizarea formelor (60) se mai justifică prin faptul că relația $v_p(\varphi) = v_{p0}/\cos\varphi$ reprezintă totodată, în mod fericit, și legea de comandă optimă cînd forța de tăiere este raportată la suprafața secțiunii transversale a așchiei, criteriul de performanță fiind acela al forței echivalente minime [7]. O alură foarte apropiată rezultă pentru dependența $v_p(\varphi)$, considerînd forța de tăiere raportată la lungimea muchiilor tăietoare (cu același indice de performanță) și de asemenea în cazul considerării drept criteriu de optimizare consumul specific de energie. Se poate demonstra [7] că, în acest ultim caz, forma legii de variație a vitezei roții cu cupe este cea din relația (60).

În concluzie, legile de variație determinate pentru $v_p(\varphi)$ și $v_r(\varphi)$, pe lîngă faptul că asigură condițiile de preluare integrală a materialului așchiei și conduc la menținerea debitului constant și maxim (sînt condiții extremale), satisfac în același timp condițiile de optimalitate sub aspectul consumurilor energetice și de dimensionare a subansamblelor de bază ale excavatorului.

Aceste legi de variație reprezintă deci soluții extremal-optimale.

## Concluzii

Printr-un calcul analitic destul de riguros s-au dedus legile de variație $v_p(\varphi)$ și $v_r(\varphi)$ ; aceste forme depind și de parametrii constructivi ai excavatorului. Legile exacte de variație sînt complicate și s-au propus forme aproximante care, pe lîngă faptul că introduc erori neglijabile, prezintă avantajul independenței de parametrii constructivi. De asemenea, reprezintă legi de comandă optimale din punct de vedere energetic, fiind soluții extremal-optimale.

Rămîne deschisă problema prelucrării acestor legi de variație în vederea furnizării lor ca semnale de referință pentru sistemele de comandă și reglare automată ale acționărilor respective.

### Bibliografie


[1] Fodor, D. *Exploatări miniere la zi.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1980.

[2] Fodor, D., Iliaș, N. *Mecanizarea în exploatările miniere la zi.* Ed. Tehnică, București, 1978.

[3] Novojilova, M.G. *Tehnologhia oktritoi razrabotki mestorojdenii poleznih iskopaemih.* Izdatelstvo „Nedra", Moskva, 1971.

[4] Pfeifer, M., Kurth, F. *Tagebaugroßgeräte und Universalbagger.* VEB Verlag Technic, Berlin, 1971.

[5] Rasper, L. *The Bucket Wheel Excavator.* Developement, Design, Application Trans. Tech. Publication, 1975.

[6] Smoleanski, M.L. *Tabel de integrale nedefinite.* Ed. Tehnică, București, 1972.

[7] Stoichițoiu, A. *Comanda optimală a excavatoarelor cu roată cu cupe.* Teză de doctorat, I.M. Petroșani, 1978

# Studiu privind eforturile secţionale la inelul de bolţari, ţinînd seama şi de grosimea radială a zidăriei

Conf. dr. ing. **G. Petrescu**, asist. ing. **D. Ilincioiu**
Universitatea din Craiova
dr. ing. **C. Păsărin** I.C.I.T.P.M.L. Craiova

Inelul de bolţari, folosit la susţinerea galeriilor circulare, are raza interioară $R$ şi grosimea radială $h$, egale cu înălţimea bolţarilor (fig. 1). Grosimea inelului în lungul axei galeriei este $b$, egală cu lăţimea bolţarilor.

La un bolţar normal, $h = 0{,}4$ m, iar raza interioară a galeriei poate avea valorile 1,3 m, 1,5 m sau 2,0 m. În acest caz, raportul dintre raza galeriei şi grosimea radială a inelului de bolţari are valorile 3,25, 3,75, respectiv 5.

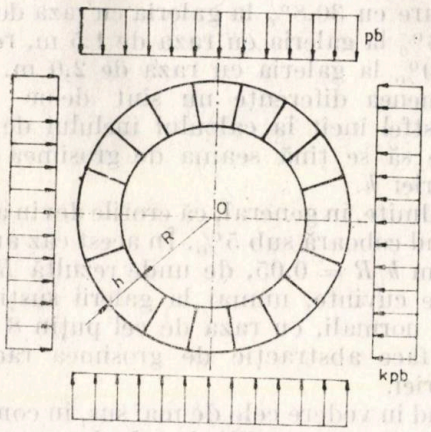



Fig. 1

Rezultă că inelul de bolţari se înscrie în categoria barelor curbe cu rază mică de curbură la care, pentru a nu introduce în calcule erori inacceptabile, este necesar să se ţină seama de grosimea radială $h$.

Inelul este solicitat de sarcina verticală, cu intensitatea $pb$ şi de sarcina laterală, cu intensitatea $kpb$, în care :

$p$ este intensitatea presiunii verticale, exercitată de roci asupra susţinerii ;

$k$ — coeficientul presiunii laterale, cu valori de la zero (cînd presiunea laterală lipseşte complet) pînă la 1 (cînd presiunea laterală este egală cu presiunea verticală).

Dacă presiunea laterală depăşeşte, ca valoare, presiunea verticală, coeficientul poate deveni mai mare ca 1 (caz mai rar în practica exploatărilor miniere).

Inelul de bolţari este o singură dată static nedeterminat, dacă se ţine seama de simetria sa circulară, astfel că pentru calculul eforturilor secţionale se ia în considerare numai un sfert de inel (fig. 2).

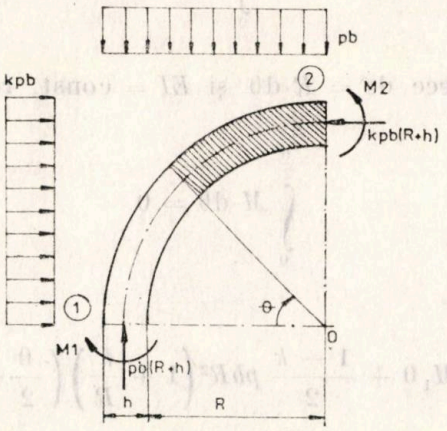



Fig. 2

• În secţiunea *1* acţionează momentul încovoietor necunoscut $M_1$ şi forţa axială de compresiune $N_1 = pb(R+h)$, care echilibrează sarcina verticală $pb$, ce acţionează pe domeniul $R + h$.

• În secţiunea *2* acţionează momentul încovoietor necunoscut $M_2$ şi forţa axială de compresiune $N_2 = kpb\ (R + h)$, care echilibrează sarcina orizontală $kpb$, ce acţionează tot pe domeniul $R + h$.

Pentru a se scrie expresia momentului încovoietor în secţiunea curentă $\theta$, se elimină partea de inel nehaşurată şi se păstrează partea haşurată, după care se reduc, la centrul secţiunii, toate forţele ce acţionează pe partea eliminată a inelului :

$$M = M_1 + pb(R+h)\left(R + \frac{h}{2}\right)(1 - \cos\theta) - pb(R+h)(1-\cos\theta)\cdot\left[\frac{(R+h)(1-\cos\theta)}{2} + \frac{h}{2}\cos\theta\right] - kpb(R+h)\sin\theta\left[\frac{(R+h)\sin\theta}{2} - \frac{h}{2}\sin\theta\right]. \quad (1)$$

După o serie de transformări, această expresie se pune sub o formă mai simplă :

$$M = M_1 + \frac{1-k}{2}\cdot pbR^2\left(1 + \frac{h}{R}\right)\sin^2\theta\,. \quad (2)$$

Condiția de simetrie impune ca secțiunile *1* și *2*, perpendiculare între ele înainte de deformarea inelului, să rămînă tot perpendiculare și după deformare.

$$\Delta \frac{\pi}{2} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{M \cdot ds}{EI} = 0. \qquad (3)$$

Deoarece $ds = R \cdot d\theta$ și $EI = \text{const.}$ rezultă:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} M \cdot d\theta = 0 \qquad (4)$$

sau:

$$\left| M_1 \theta + \frac{1-k}{2} pbR^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right)\left(\frac{\theta}{2} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \frac{1}{4}\right) \sin 2\theta \right|_0^{\frac{\pi}{2}} = 0. \qquad (5)$$

Înlocuind limitele de integrare și efectuînd toate operațiile, condiția de deformație capătă, în final, următoarea expresie simplă:

$$M_1 \frac{\pi}{2} + \frac{1-k}{8} pbR^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right) = 0, \qquad (6)$$

de unde rezultă momentul încovoietor din secțiunea *1*:

$$M_1 = -\frac{1-k}{4} pbR^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right). \qquad (7)$$

Ținînd seama de aceasta, precum și de expresia momentului încovoietor din secțiunea curentă (2), în care se face $\theta = \frac{\pi}{2}$, rezultă momentul încovoietor din secțiunea *2*:

$$M_2 = \frac{1-k}{4} pbR^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right). \qquad (8)$$

Se observă că valorile momentelor încovoietoare sînt influențate de valoarea raportului $h/R$. Dacă $h$ este neglijabil în raport cu raza $R$, atunci $h/R \approx 0$ și se regăsesc formulele momentelor încovoietoare de la structura de bază [1].

În cazul galeriilor susținute cu bolțari putem avea:

$h = 0{,}4$ m; $R = 1{,}3$ m; $M_{max} = \frac{1-k}{4} pbR^2 (1 + 0{,}308)$;

$R = 1{,}5$ m; $M_{max} = \frac{1-k}{4} pbR^2 (1 + 0{,}266)$; (9)

$R = 2{,}0$ m; $M_{max} = \frac{1-k}{4} pbR^2 (1 + 0{,}200)$.

Se observă că, față de situația cînd nu s-ar ține seama de grosimea radială $h$, valoarea reală a momentului încovoietor maxim este mai mare cu 30,8% la galeria cu raza de 1,3 m, cu 26,6% la galeria cu raza de 1,5 m, respectiv cu 20,0% la galeria cu raza de 2,0 m.

Asemenea diferențe nu sînt deloc neglijabile, astfel încît la calculul inelului de bolțari trebuie să se țină seama de grosimea radială a zidăriei $h$.

Se admite, în general, că erorile devin acceptabile cînd coboară sub 5%. În acest caz ar trebui să avem $h/R = 0{,}05$, de unde rezultă $R = 8$m. Cu alte cuvinte, numai la galerii susținute în bolțari normali, cu raza de cel puțin 8 m, s-ar putea face abstracție de grosimea radială $h$, a zidăriei.

Avînd în vedere cele de mai sus, în continuare se vor deduce expresiile de calcul pentru eforturile secționale, ținînd seama și de grosimea $h$.

Astfel, forța axială din secțiunea curentă este:

$$N = -pbR \left(1 + \frac{h}{R}\right)(\cos^2 \theta + k \cdot \sin^2 \theta); \qquad (10)$$

cu valorile particulare:

$$\theta = 0; \quad N_1 = -pbR \left(1 + \frac{h}{R}\right);$$

$$\theta = \frac{\pi}{4}; \quad N_3 = -\frac{1+k}{2} pbR \left(1 + \frac{h}{R}\right); \qquad (11)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}; \quad N_2 = -kpbR \left(1 + \frac{h}{R}\right);$$

respectiv:

$$k = 0; \; N_1 = -pbR \left(1 + \frac{h}{R}\right);$$

$$N_3 = -\frac{1}{2} pbR \left(1 + \frac{h}{R}\right); \; N_2 = 0;$$

$$k = 0{,}5\,;\ N_1 = -\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$N_3 = -\,\frac{3}{4}\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$N_2 = -\,\frac{1}{2}\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$k = 1\,;\ N_1 = -\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right); \qquad (12)$$

$$N_3 = -\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$N_2 = -\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right).$$

Forța tăietoare din secțiunea curentă este:

$$T = pbR\left(1+\frac{h}{R}\right)(1-k)\sin\theta\cos\theta, \qquad (13)$$

cu valorile particulare:

$$\theta = 0\,; \qquad T_1 = 0\,;$$

$$\theta = \frac{\pi}{4}\,; \qquad T_3 = \frac{1-k}{4}\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right); \qquad (14)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}\,; \qquad T_2 = 0\,;$$

respectiv:

$$k = 0\,;\ T_1 = 0\,;\ T_3 = \frac{1}{2}\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right);\ T_2 = 0$$

$$k = 0{,}5\,;\ T_1 = 0\,;\ T_3 = \frac{1}{4}\,pbR\left(1+\frac{h}{R}\right);\ T_2 = 0 \qquad (15)$$

$$k = 1\,;\ T_1 = 0\,;\ T_3 = 0\,; \qquad T_2 = 0$$

În sfîrșit, expresia momentului încovoietor din secțiunea curentă:

$$M = \frac{1}{4}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right)[(1-2\cos^2\theta) + k(1-2\sin^2\theta)] \qquad (16)$$

cu valorile particulare:

$$\theta = 0\,; \qquad M_1 = -\,\frac{1-k}{4}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$\theta = \frac{\pi}{4}\,; \qquad M_3 = 0\,; \qquad (17)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}\,; \qquad M_2 = \frac{1-k}{4}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

respectiv:

$$k = 0\,;\ M_1 = -\,\frac{1}{4}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$M_3 = 0\,;\ M_2 = \frac{1}{4}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right); \qquad (18)$$

$$k = 0{,}5\,;\ M_1 = -\,\frac{1}{8}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

$$M_3 = 0\,;\ M_2 = \frac{1}{8}\,pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right)$$

$$h = 1\,;\ M_1 = 0\,;$$

$$M_3 = 0\,;\ M_2 = 0$$

Din cele prezentate rezultă următoarele concluzii.

1. Forța axială este numai de compresiune și tinde să se uniformizeze pe măsură ce coeficientul presiunii laterale $k$ variază de la 0 la 1.

2. Forța tăietoare prezintă valoarea maximă la 45° și tinde să dispară, pe măsură ce $k$ crește de la 0 spre 1.

3. Momentul încovoietor prezintă valori maxime în secțiunile laterale de pe diametrul orizontal al inelului, respectiv la cheia de boltă de la tavan și vatră și se micșorează, tinzînd către zero, pe măsura creșterii lui $k$.

4. Pentru $k = 1$, solicitarea inelului de bolțari este cea mai avantajoasă, deoarece în toate secțiunile acestuia apar numai eforturi de compresiune.

Rezultă că este necesar să se întreprindă toate măsurile posibile pentru a crea o situație în care presiunea laterală a rocilor asupra inelului de bolțari să fie cît mai apropiată de valoarea presiunii verticale.

În calculul inelului de bolțari se poate neglija efectul forțelor tăietoare, dar trebuie să se țină seama de acțiunea simultană, în secțiunile periculoase, a forței axiale și a momentului încovoietor; de asemenea, este obligatoriu să se țină seama de grosimea $h$, prin utilizarea formulelor de mai sus.

**Bibliografie**

[1] Petrescu, G. ș. a, *Considerații privind susținerea metalică a galeriilor circulare*. Mine, Petrol și Gaze, **38**, nr. 1, 1987.

# Instalaţie de perforat găuri verticale şi în evantai

Ing. **I. Muste**
Combinatul Minier Cluj

## Introducere

Instalaţia de perforat găuri verticale şi în evantai, prezentată în continuare, este o construcţie simplă, uşor de întreţinut şi exploatat, dispozitivele de manevrare sînt mecanice, are un grad de complexitate redus, este mobilă, poate perfora găuri în lucrări miniere cu profil mai mare de 7 m², manevrarea saniei de la o gaură la alta a evantaiului se face uşor şi operativ dintr-o singură poziţie de calare, iar amplasarea se face exact — conform schemei de amplasare — datorită faptului că este prevăzută cu un disc gradat pe un interval de cerc de 360°.

Acest cumul de avantaje îi creează posibilitatea de utilizare în cele mai diferite condiţii din subteran, spre deosebire de multe alte tipuri de instalaţii care pot fi utilizate numai în anumite condiţii, şi un grad ridicat de complexitate.

## I. Prezentarea instalaţiei

Instalaţia de perforat găuri verticale şi în evantai, prezentată în figurile 1, 2, 3, 4, 5 şi 6, este montată pe suportul *18*, fixat pe şasiul *19*, al unei maşini de încărcat cu siloz, la care s-a renunţat la siloz, şi se compune dintr-o sanie de afet *1*, pe care se găsesc montate perforatorul *4*, grupul motor-reductor *2*, menghina de strîngere a tijelor *3*, lanţul pentru avansul perforatorului *20* şi suportul afet *26*.

Pe suportul *18* al maşinii de încărcat *19* sînt fixate un lagăr cu rostogolire *12*, o bucşă de

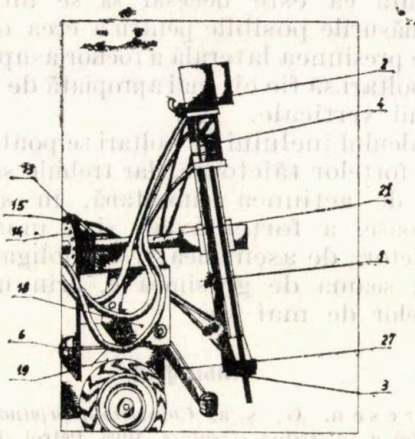


Fig. 1. Instalaţie de perforat găuri în evantai.

Poziţie de perforat în partea dreaptă a găurilor dinspre vatra galeriei : *1* — sanie afet ; *3* — menghină de strîngere a tijelor ; *6* — rezervor de ulei pentru ungere ; *14* — roată dinţată ; *15* — bolţ de fixare a poziţiei perforatorului ; *18* — suport ; *19* — şasiu ; *27* — suporţi de calare.

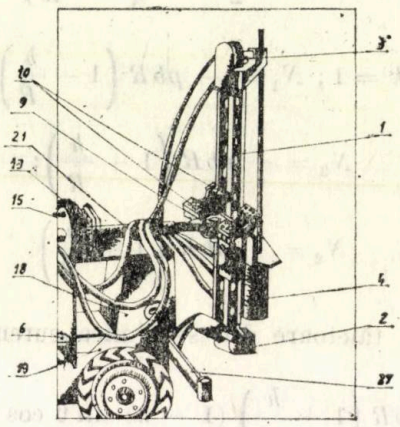


Fig. 2. Instalaţie de perforat găuri în evantai.

Rabatare în plan orizontal cu 180° : *1* — sanie afet ; *2* — grup motor-reductor ; *3* — menghină de strîngere a tijelor ; *4* — perforator greu PG-80 ; *6* — rezervor de ulei ; *9* — sistem de asamblare ; *10* — colier de fixare ; *13* — suport cu disc gradat ; *15* — bolţ de fixare a poziţiei perforatorului ; *18* — suport ; *19* — şasiu ; *21* — axă ; *27* — suporţi de calare.

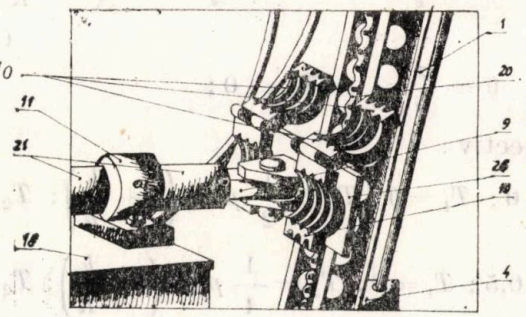


Fig. 3. Instalaţie de perforat găuri în evantai. Detaliu dispozitiv de rabatare în plan orizontal : *1* — sanie afet ; *4* — perforator greu PG-80 ; *9* — sistem de asamblare ; *10* — colier de fixare ; *11* — bucşă de ghidare ; *18* — suport ; *20* — lanţ gall pentru avans perforare ; *21* — axă.

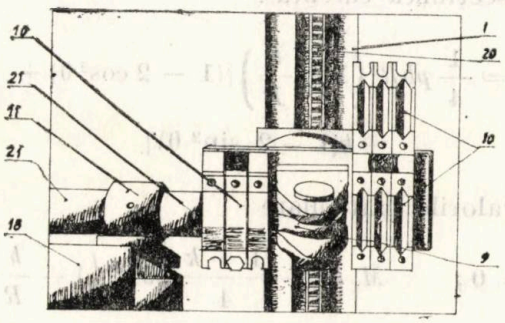


Fig. 4. Instalaţie de perforat găuri în evantai. Detaliu de fixare a saniei pe axa de rotaţie : *1* — sanie afet ; *9* — sistem de asamblare ; *10* — colier de fixare ; *11* — bucşă de ghidare ; *18* — suport ; *20* — lanţ gall ; *21* — axă.

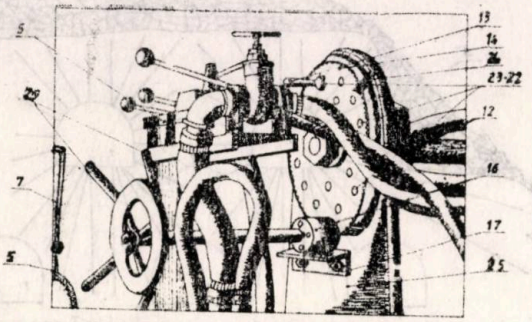


Fig. 5. Instalaţie de perforat găuri în evantai. Detaliu mecanism de rotire : *5* — tablou de distribuţie şi comandă ; *7* — scaun deservent ; *14* — roată dinţată ; *15* — bolţ de fixare a poziţiei perforatorului ; *16* — pinion ; *17* — suport pinion ; *23* — găuri de fixare în roata dinţată *14* ; *22* — găuri de fixare în suportul *13* ; *25* — suport sistem rotire ; *29* — manivelă.

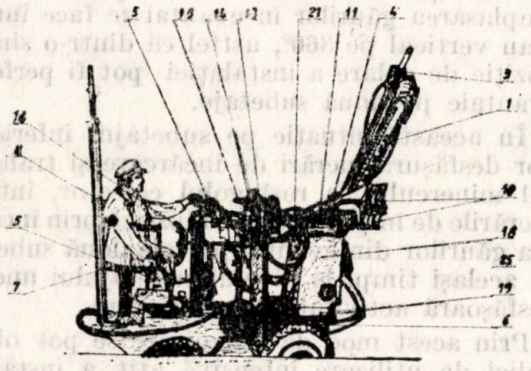


Fig. 6. Instalaţie de perforat găuri în evantai. Vedere de ansamblu : *1* — sanie afet ; *3* — menghină pentru strîngerea ţijei ; *4* — perforator greu PG-80 ; *5* — tablou de distribuţie şi comandă ; *6* — rezervor de ulei ; *7* — scaun deservent ; *8* — contragreutate sau cilindru pneumatic de fixare ; *10* — colier de fixare ; *11* — bucşă de ghidare ; *13* — suport cu disc gradat ; *14* — roată dinţată ; *15* — bolţ de fixare a poziţiei perforatorului ; *18* — suport ; *19* — şasiu ; *21* — axă ; *25* — suport ; *29* — manivelă.

ghidare *11* şi discul gradat *13*, montat pe suportul *25*, prevăzut cu găurile de fixare a poziţiei *22*.

Prin bucşa de ghidare *11*, lagărul cu rostogolire *12* şi discul gradat *13* traversează axa *21*, pe care prin sistemul de asamblare *9*, dintre suportul afet *26* şi această axă, precum şi a colierului de fixare *10* se instalează sania afet *1*, prevăzută cu perforatorul *4*.

În partea opusă a axei *21* este fixată, tot pe această axă, roata dinţată *14*, angrenată de către pinionul *16*, fixat pe suportul *17*.

Roata dinţată *14* este prevăzută cu găurile de fixare *23*, a poziţiei perforatorului *4*, precum şi cu acul indicator *24*, de înclinare a găurii.

Fixarea saniei afet *1* în poziţie de perforare se face printr-un bolţ de siguranţă *15* ce traversează prin găurile de fixare *22* şi *23*.

Tot pe şasiul maşinii de încărcat mai sînt prevăzute tabloul de comandă *5*, rezervorul de ulei pentru ungere *6*, scaunul deserventului *7*, contragreutatea *8*, suporţii de calare *27*, precum şi suporţii de fixare *28*, înclinaţi la 45° şi cel de sprijinire în tavan, prevăzuţi pentru prevenirea deplasărilor laterale în timpul lucrului.

*Tehnologia de lucru*

Prin construcţia prezentată, sania afet *1*, împreună cu dispozitivele montate pe ea, poate fi rabatată în plan orizontal cu 180°, faţă de axa *21*, în care este fixat suportul afet *26*, prin sistemul de asamblare *9*, astfel că pentru perforarea găurilor din partea dreaptă, faţă de axa galeriei, sania afet *1* se va fixa pe partea stîngă a axei *21*, cu ajutorul părţii corespunzătoare din colierul *10*, iar pentru perforarea găurilor din partea stîngă, faţă de axa galeriei, sania afet *1* se va fixa pe partea dreaptă a axei *21*, cu ajutorul celeilalte părţi a colierului dublu de fixare *10*.

Sania afet *1* se poate roti cu 360°, împreună cu axa *21*, într-un plan vertical şi transversal pe galerie, prin acţionarea manuală a manivelei *29*.

De asemenea se poate roti cu aproximativ 30° într-un plan longitudinal pe axa galeriei, prin intermediul suportului afet *26*.

Pentru executarea perforării găurilor ce formează un evantai, instalaţia se calează în axa galeriei, prin suporţii *27* şi *28*, după care sania afet *1* se fixează în poziţie verticală pentru perforarea primei găuri din evantai de pe o parte sau alta a galeriei.

După terminarea perforării acestei găuri, se scoate bolţul de fixare din găurile *22* şi *23*, practicate în suportul *13* şi roata dinţată *14*, şi, cu ajutorul manivelei *15*, se roteşte sania afet într-o nouă poziţie în care se fixează pentru perforarea găurii următoare şi aşa mai departe, pînă la terminarea evantaiului.

Poziţia fiecărei găuri din evantai — în conformitate cu schema de amplasare a găurilor — se fixează prin măsurarea unghiului ce-l formează între ele, măsurare ce se face cu ajutorul discului gradat *13* şi a acului indicator *24*.

Evantaiul se perforează dintr-o singură poziţie de calare a instalaţiei.

**II. Parametrii funcţionali**

— Tipul perforatorului, PG-80 ;

— Dimensiunile maxime ale frontului ce se poate perfora dintr-o singură poziţie :
lăţime, 6 m ;
înălţime 5 m ;

— Sursa de energie, aer comprimat de la reţea, $p = 5-7$ bar ;

— Unghiul de rotire a saniei perforatorului, 0—360° ;

— Unghiul de înclinare a saniei perforatorului, 30° ; 0° ; 45° ;

— Adîncimea maximă a găurilor, 10—15 m;
— Viteza de perforare, 0,2—0,8 m/min;
— Viteza de deplasare a căruciorului, 1,2m/s;
— Consum de aer comprimat, 8 m³/min.;
— Puterea motorului trenului, 8,5 kV;
— Raza de întoarcere, 2 m;
— Roata motoare: dimensiuni, 7,00×12″/12 PR; presiune pneuri, 4,5 kgf/m²;
— Roata de direcție: dimensiuni, 6,0×9″; presiune în pneuri, 6,5 kgf/cm²;
— Dimensiuni de gabarit, 3000×2575×1640 mm;
— Masa utilajului, circa 2 000 kg.

Se precizează că montarea și calarea instalației de la un evantai la altul se fac foarte operativ (circa 2 minute).

Se poate perfora în galerii de subetaj cu profile mai mari de 7 m².

### III. Domeniu de utitlizare

• Instalația de perforat găuri verticale și în evantai este recomandată cu preponderență pentru perforarea găurilor ce formează evantaiul la metoda de exploatare cu surpare în subetaje, după următoarele scheme.

a. Pentru creșterea productivității muncii la lucrările de perforare și totodată pentru utilizarea la maximum a timpului de lucru, trebuie să se creeze un avans între lucrările de perforare și cele de încărcare și transport de minimum un subetaj.

În această situație pe subetajul superior (fig. 7) se desfășoară, pe toată durata schimbu-

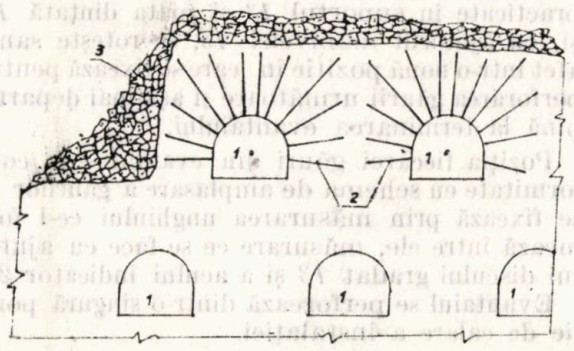



Fig. 7. Perforarea găurilor în evantai la nivelul unui subetaj: *1* — galerie de subetaj; *2* — gaură din evantai; *3* — pernă de protecție.

lui, lucrări de încărcare și transportul materialului în rostogolul colector, iar pe subetajul inferior se vor desfășura tot timpul lucrări de perforare.

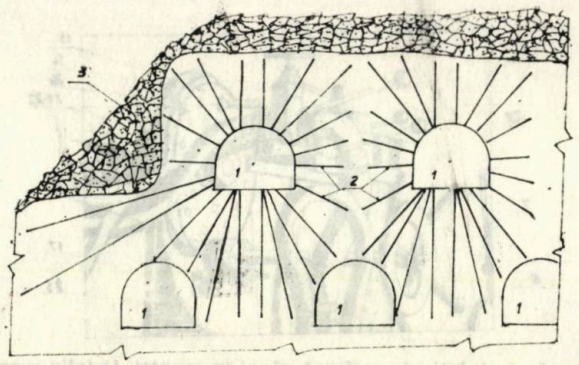



Fig. 8. Perforarea găurilor în evantai la nivelul a două subetaje, dintr-o singură poziție de fixare a instalației: *1* — galerie de subetaj; *2* — gaură din evantai; pernă de protecție.

b. Un alt mod de organizare a activității este cel din figura 8, cînd pe subetajul superior se desfășoară activitatea de perforare, iar amplasarea găurilor în evantai se face într-un plan vertical pe 360°, astfel că dintr-o singură poziție de calare a instalației pot fi perforate evantaie pe două subetaje.

În această situație pe subetajul inferior se vor desfășura lucrări de încărcare și transportul minereului la rostogolul colector, întrucît lucrările de împușcare se realizează prin încărcarea găurilor din evantai pe cele două subetaje, în același timp, la nivelul subetajului unde se desfășoară activitatea de perforare.

Prin acest mod de organizare se pot obține indici de utilizare intensivă atît a instalației de perforat, cît și a încărcării și transportului minereului la rostogolul colector, lucru ce conduce la folosirea unui număr mai redus de utilaje.

• Instalația se mai recomandă pentru executarea de găuri de control în diferite planuri, atunci cînd se lucrează în vecinătatea unor lucrări vechi sau a unor zone susceptibile de viituri de apă.

• Se mai recomandă spre a fi folosită la drenarea apelor rezultate de la perforare și a altor ape, spre subetajul inferior, prin perforarea de găuri între cele două subetaje.

De asemenea poate fi utilizată cu succes la perforarea găurilor acolo unde se execută susținere cu ancore, în special în galerii.

**Bibliografie**

Brevet OSIM nr. 93431 — *Instalația de perforat găuri verticale și în evantai*, autor: ing. Ion Muste.

# Contribuții la mecanizarea lucrărilor de perforare în abatajele minelor din cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare

Dr. ing. V. Țiplea, tehn. Gh. Firtea, tehn. T. Frențiu

O importantă contribuție la îndeplinirea sarcinii de creștere a gradului de mecanizare în minerit, în vederea creșterii producției de substanțe minerale utile, a adus-o realizarea în serie a utilajului „cărucior de perforare în evantai cu un braț pe pneuri CPE-1P" [1], în cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare. Utilajul face parte din sistema de utilaje ce dotează abatajele minelor în care se practică metoda de exploatare cu surpare în subetaje și poate realiza evantaie de găuri circulare într-o gamă foarte variată, parte integrantă din tehnologia de extragere a minereurilor.

O variantă de amplasare a găurilor pentru metoda menționată rezultă din figura 1, aceasta urmînd să fie proiectată și realizată pentru fiecare abataj în parte, funcție de condițiile specifice de zăcămînt.

Operația de perforare a găurilor de mină în evantai, în cadrul metodei cu surpare în subetaje, se realiza cu instalația de găuri lungi IPGL-80, prezentată în figura 2, utilaj care necesita un mare volum de manoperă pentru montare, demontare și transport. De asemenea,

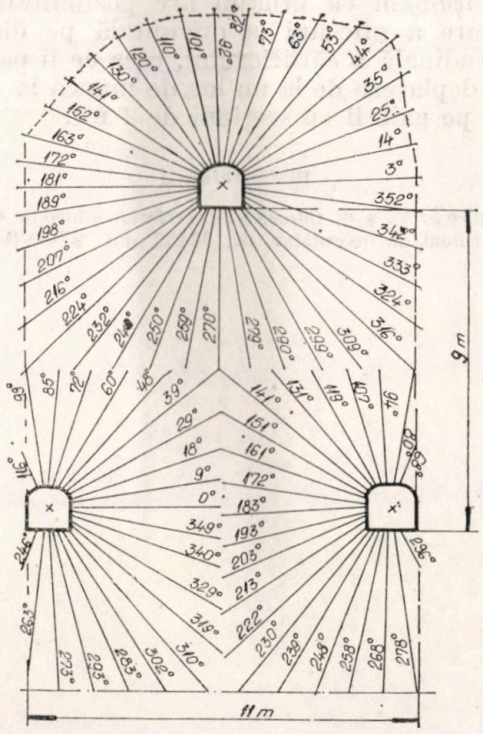



Fig. 1. Posibilități de execuție a găurilor în evantai cu ajutorul căruciorului CPE-1P; pentru zona 3°—172° brațul se poate înclina față de verticală cu 30°.

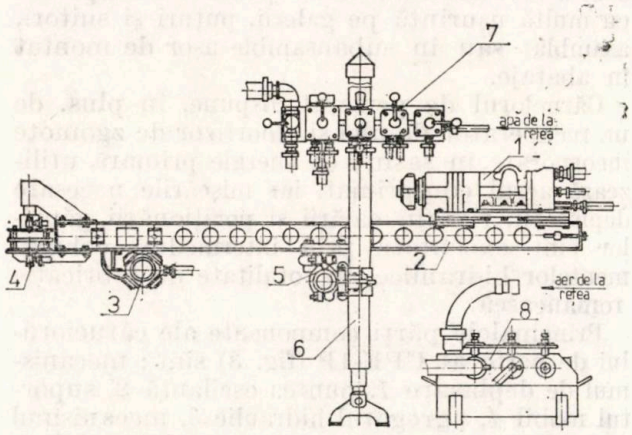



Fig. 2. Instalație de perforat găuri lungi în evantai IPGL-80: *1* — perforator pneumatic PG-80; *2* — afet; *3* — motor pneumatic MP-3; *4* — menghină pneumatică; *5* — suport afet; *6* — coloană de fixare; *7* — panou de comandă; *8* — ungător central.

necesită un mare efort fizic cu influență negativă asupra productivității muncii.

În vederea eliminării dezavantajelor prezentate și pentru creșterea productivității muncii, un colectiv de specialiști din cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare au proiectat, executat, brevetat și omologat căruciorul de perforat în evantai, pe pneuri, cu un braț (fig. 3) care,

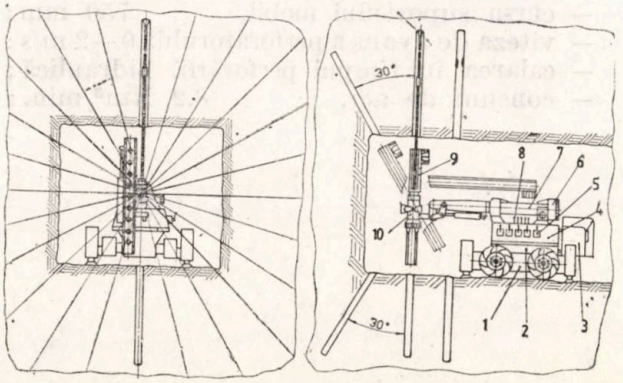



Fig. 3. Cărucior de perforat în evantai CPE-1P.

într-o perioadă de patru ani, a devenit utilajul conducător în peste 40 de abataje, înlocuind instalația de perforat găuri lungi IPGL-80 și alte utilaje similare.

În paralel cu acțiunea de încadrare a căruciorului de perforare CPE-1P în sistema de utilaje specifice abatajelor cu surpare în subetaje au fost și sînt preocupări continue pentru

modernizarea fabricației de serie în cadrul Uzin ei de Utiaj Minier și Reparații, subordonată Centralei Minereurilor Baia Mare, astfel ca fiabilitatea să fie la nivelul utilajelor similare, fabricate de firme cu multă experiență în acest domeniu.

Avînd în vedere concepția modernă de realizare a căruciorului, acesta poate fi transportat cu multă ușurință pe galerii, puțuri și suitori, asamblat sau în subansamble ușor de montat în abataje.

Căruciorul de perforat dispune, în plus, de un recuperator de ulei și amortizor de zgomote încorporate în șasiu; ca energie primară utilizează aerul comprimat, iar mișcările necesare deplasării, fixării, calării și poziționării găurilor sînt executate prin intermediul echipamentelor hidraulice, în totalitate de fabricație românească.

Principalele părți componente ale căruciorului de perforat CPE-1P (fig. 3) sînt: mecanismul de deplasare *1*, puntea oscilantă *2*, suportul mobil *4*, agregatul hidraulic *3*, mecanismul de rotire *6*, brațul manipulator *7*, afetul *9*, perforatorul tip PG-80 *10*, panoul de comandă pneumatică *5*, panoul de comandă hidraulică *8*.

Principalele caracteristici ale căruciorului CPE-1P sînt:

— presiunea aerului de acționare, 5—7 daN/cm²;
— presiunea apei pentru spălarea găurii, 3—5 daN/cm²;
— presiunea în circuitul hidraulic, 120 daN/cm²;
— rotire afet în plan vertical, 360°;
— cursa afetului, 750 mm;
— cursa perforatorului, 1 450 mm;
— cursa suportului mobil, 750 mm;
— viteza de avans a perforatorului, 0—2 m/s;
— calarea în timpul perforării, hidraulică;
— consum de aer, 8,2 Nm³/min.;
— consum de apă, 25 l/min;
— consum lubrifiant, 400—500 g/h;
— lungimea totală (în poziție de marș), 3 300 mm;
— lățimea maximă, 1 300 mm;
— înălțimea totală (în poziție de marș), 1 450 mm;
— masa netă, 2 500 kg.

La conceperea căruciorului CPE-1P s-a ținut seama de posibilitățile actuale de transport pe galerii, puțuri, suitori, precum și de condițiile de demontare și montare în abataje și galerii; restul parametrilor sînt la nivelul tehnicii mondiale.

Căruciorul permite controlul direcției găurii, a unghiului de divizare dintre găurile evantaiului, precum și al adîncimii lor. Dotat cu perforatorul PG-80, utilizînd capete detașabile și prăjini de perforare îmbinate între ele cu mufe (mărime 1¼"), poate realiza găuri cu diametrul de 51 mm și lungimea optimă de 15 m.

Utilajul este recomandat pentru roci semidure, dure și foarte dure.

Căruciorul CPE-1P permite perforarea găurilor în evantai circular de 360°, perpendicular pe axa galeriei sau a abatajului, precum și a evantaielor conice cu înclinare maximă de 30°, așa cum rezultă din figura 3.

Datorită avantajelor pe care le prezintă față de instalațiile clasice IPGL-80 și alte utilaje similare, căruciorul CPE-1P se generalizează în dotarea abatajelor cu surpare în subetaje.

Menționăm că utilajul are posibilitatea de rabatare a afetului la orizontală pe direcția longitudinală a căruciorului, ceea ce îi permite să se deplaseze de la un loc de muncă la altul, chiar pe galerii cu secțiuni de 4 m².

**Bibliografie**

[1] Țiplea, V. ș.a. *Cărucior de perforat găuri în evantai*. Certificat de inventator, nr. 93433 din 27—VII—1937.

# Mărimea încărcăturilor explozive de fund ale găurilor de lărgire şi de profil

Ing. Z. Cornea
I.P.E.G. Maramureş

**Introducere**

Utilizarea, încă largă, a tăierii cu exploziv a rocilor impune determinarea precisă a încărcăturilor explozive în funcţie de caracteristicile fizico-mecanice ale acestora.

În cazul lucrărilor miniere în fund de sac, tăierea cu exploziv trebuie să realizeze următoarele cerinţe :

— creşterea salturilor de înaintare ;
— netezirea corespunzătoare a profilului ;
— reducerea distanţei de împrăştiere a materialului derocat ;
— asigurarea unei granulaţii adecvate utilizării maşinilor de încărcat ;
— reducerea costurilor de tăiere.

Încărcăturile explozive se realizează în găuri de mină care, potrivit destinaţiei tehnologice pe care o au, pot fi găuri de simbure, de lărgire şi de profil.

Găurile de lărgire şi de profil măresc suprafaţa liberă creată de găurile de simbure, conturează profilul la dimensiunile dorite şi acţionează în procesul de tăiere ca şi găuri ce au create în prealabil două suprafeţe libere de rupere.

Pentru determinarea încărcăturii explozive a unei găuri de mină, cercetările mai recente consideră că aceasta are două părţi componente, una de fund şi alta alungită, conform relaţiei :

$$Q = Q_1 + Q_2, \text{ kg/gaură},$$

în care :

$Q$ este încărcătura totală a unei găuri, kg/gaură ;
$Q_1$ — încărcătura de fund a găurii, kg/gaură ;
$Q_2$ — încărcătura alungită a găurii, kg/gaură.

În cazul găurilor de lărgire şi de profil, încărcătura de fund asigură tăierea rocii într-o secţiune de rupere perpendiculară pe direcţia găurii, iar încărcătura alungită asigură desprinderea şi granularea rocii în lungul găurii de mină.

Componenţa de fund a încărcăturii explozive are o importanţă deosebită în procesul de tăiere, deoarece delimitează lungimea saltului, iar pentru determinarea mărimii acesteia se readuce în actualitate vechea formulă a lui Belidor :

$$Q_1 = K_2 W^2 + K_3 W^3, \text{ kg/gaură}, \quad (1)$$

în care :

$W$ este anticipanta de rupere a încărcăturii, m ;
$K_2$ — coeficient ce ţine seama de consumul de exploziv în raport cu secţiunea de rupere, kg/m² ;
$K_3$ — coeficient ce ţine seama de consumul de exploziv în raport cu volumul de rupere, kg/m³.

În urma experimentărilor făcute, suedezul K.H. Fraenkel denumeşte coeficientul $K_3$ drept rezistenţă de rupere a rocilor la explozie, stabilindu-i valoarea la 0,23—0,47 kg exploziv pe m³ rocă degajată ; după Lares coeficientul este numit consum specific etalon de exploziv.

Încercările efectuate în bazinul miner Baia Mare, de cercetătorul I. Gal, conduc la aceleaşi rezultate ca ale lui K.H. Fraenkel.

Formularea dată coeficientului $K_3$ de K.H. Fraenkel o considerăm însă mai corespunzătoare pentru definirea caracteristicii de rezistenţă a rocii la explozie.

**I. Rezistenţa de rupere a rocii la explozie**

Determinarea corectă a mărimii încărcăturilor de fund se poate face numai dacă se stabileşte precis rezistenţa de rupere a rocii la explozie.

Pentru stabilirea rezistenţei de rupere a rocii la explozie sînt cunoscute două metode, una propusă de K.H. Fraenkel şi una de I. Gal.

După K.H. Fraenkel, pentru a stabili rezistenţa de rupere a rocii la explozie, se perforează o gaură paralelă cu suprafaţă liberă, la o distanţă $W = 0{,}5—1{,}0$ m de aceasta, pînă la o adîncime de 0,3 $W$ sub talpă (fig. 1).

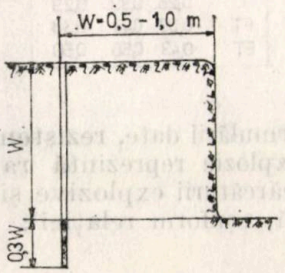



Fig. 1

Cantitatea de exploziv care realizează simultan o rupere la fund la nivelul tălpii şi o aruncare pînă la o distanţă maximă de 1,0 m reprezintă rezistenţa la rupere a rocii prin explozie.

După I. Gal, rezistența de rupere a rocii la explozie se determină în funcție de rezistența de rupere la compresiune a acesteia, în baza următoarei relații de calcul :

$$q_0 = \frac{\sigma_c}{4\,600} = 0{,}13 \text{ kg/m}^3, \qquad (2)$$

în care :

$q_0$ este rezistența de rupere a rocii la explozie, kg/m³ ;

$\sigma_c$ — rezistența la compresiune a rocii, kgf/cm².

Variația funcției $q_0$ dată de relația de mai sus este prezentată grafic în figura 2, pe care au fost trasate și limitele categoriilor de rocă avute în vedere la întocmirea indicatorului de norme de deviz LG-3/1984.

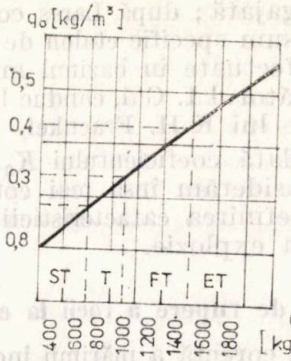



Fig. 2

În baza relației de calcul de mai sus, tabelul 1 prezintă mărimea rezistenței de rupere a rocilor la explozie, în funcție de categoria de tărie a rocilor.

*Tabelul 1*

| categ. rocii | $q_0$ [kg/m3] min. | max. | med. |
|---|---|---|---|
| ST | 0,20 | 0,26 | 0,23 |
| T | 0,26 | 0,33 | 0,29 |
| FT | 0,33 | 0,43 | 0,38 |
| ET | 0,43 | 0,56 | 0,50 |

Potrivit formulării date, rezistența de rupere a rocii la explozie reprezintă raportul între greutatea încărcăturii explozive și volumul de rocă degajată, conform relației :

$$q_a = \frac{Q_1}{V_1}, \text{ kg/m}^3, \qquad (3)$$

în care :

$V_1$ este volumul de rocă degajată de explozie, m³.

Rezultă deci că dacă se cunoaște greutatea unei încărcături explozive dintr-o gaură de mină și se raportează la volumul obținut în urma împușcării, se obține rezistența de rupere a rocii la explozie.

Rezistența la rupere a rocii la explozie se poate deci determina și în cazul unei singure suprafețe libere prin împușcarea unei încărcături într-o gaură perforată înclinat sau perpendicular pe această suprafață.

O astfel de gaură se încarcă pe jumătate din lungime (fig. 3), cu o încărcătură uniform repartizată și la o densitate de 1,0 kg/m.

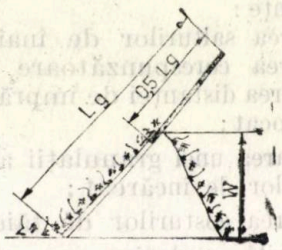



Fig. 3

Încercările efectuate conduc la concluzia că nu este nevoie decît de o singură repetare, care însă trebuie să aibă lungimea încărcăturii explozive egală cu anticipanta măsurată în urma primei încercări.

Raportînd greutatea încărcăturii la volumul degajat se obține rezistența de rupere a rocii la explozie.

## II. Mărimea încărcăturii de fund

Cînd se împușcă o salvă de mai multe încărcături, situație generalizată pentru găurile de lărgire și de profil, mărimea încărcăturii de fund, după K.H. Fraenkel, se determină cu relația :

$$Q_1 = \frac{b}{a} \frac{E}{W} q_0 W^3 \left(1 + \frac{K_2}{K_3} \frac{1}{W}\right), \text{ kg/gaură}, \qquad (4)$$

în care :

$a$ este puterea explozivului, care are valoarea 1,0 pentru dinamită și 0,77 pentru astralită ;

$b$ — coeficientul preciziei perforării care are valori de 1,03—1,15, în funcție de echipamentele de perforare cu care se lucrează ;

$E$ — distanța între găurile de mină, m.

Pentru găurile de lărgire și de profil mărimea raportului $E/W$ a fost stabilită de K.H. Fraenkel la 1,0—1,3 prin încercări, dar ea poate fi dedusă și analitic, prin variația acestui raport în funcție de tangenta unghiului de deschidere a suprafeței de rupere.

Raportul $K_2/K_3$ are valoarea 0,15—0,30 și este în reciprocitate cu mărimea raportului $E/W$.

Pentru o dimensionare cît mai corectă a încărcăturii de fund, în relația (4) trebuie introduse valorile maxime ale rapoartelor $E/W$ și $K_2/K_3$, ceea ce face ca formula lui Belidor să devină :

$$Q_1 = \frac{1{,}15}{a} 1{,}3\, q_0\, W^3 \left(1 + \frac{0{,}3}{W}\right), \text{ kg/gaură.} \quad (5)$$

Din această relație se observă că factorul din paranteză tinde spre 1 cînd anticipanta crește însă, conform figurii 4, există o limită de variație a raportului $Q_1/q_0W^3 = f(W)$.

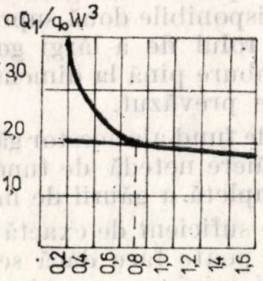


Fig. 4

Din prezentarea grafică reiese că anticipante mai mari de 0,9 m nu sînt eficiente, ceea ce face ca relația (5) să devină :

$$Q_1 = \frac{2}{a} q_0\, W^3, \text{ kg/gaură.} \quad (6)$$

Posibilitățile de reducere a mărimii încărcăturii de fund trebuie deci căutate în reducerea raportului $E/W$ și a creșterii preciziei perforării, însă prima măsură conduce, implicit, la creșterea numărului de găuri.

### III. Mărimea anticipantei de rupere

Mărimea unei încărcături explozive dintr-o gaură de mină mai poate fi definită și ca produsul între lungimea încărcăturii și densitatea de încărcare, conform relației :

$$Q_1 = h_1 \cdot \delta_1, \text{ kg/gaură,} \quad (7)$$

în care :

$h_1$ este lungimea încărcăturii de fund, m;
$\delta_1$ — densitatea de încărcare a găurii, kg/m.

Prin egalarea ultimelor două relații se obține :

$$2q_0W^3 = a \cdot h_1 \cdot \delta_1. \quad (8)$$

Această relație stabilește reciprocitatea între caracteristicile rocii și eficacitatea încărcăturii explozive necesare.

Întrucît lungimea încărcăturii este o parte a anticipantei, reprezentarea grafică din figura 5 a relației (8) conduce la stabilirea limitei optime a lungimii încărcăturii de fund pentru a obține o eficiență bună de rupere.

Interpretarea grafică din figura 5 conduce și la concluzia că lungimea maximă a încărcăturii de fund, pentru găurile de lărgire și profil, nu trebuie să depășească 0,5 $W$, deoarece peste această valoare alura curbei tinde spre o asimptotă.

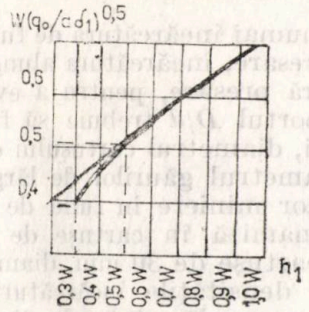


Fig. 5

Limita minimă a încărcăturii de fund poate fi apreciată la 0,3 $W$, în corelație cu cercetările făcute de K.H. Fraenkel.

Pentru aceste valori ale lungimii încărcăturii de fund, relația de calcul a anticipantei se obține din egalitatea de mai sus și va fi :

$$W = \frac{1}{2{,}0 - 2{,}6} \sqrt{\frac{a}{q_0} \delta_1}, \text{ m.} \quad (9)$$

Se observă deci că pentru a crește anticipanta, în condițiile folosirii aceluiași tip de exploziv, trebuie mărită densitatea de încărcare, deoarece eficiența ruperii la fund constă în lungimi mici ale încărcăturilor explozive.

Pe de altă parte, densitatea de încărcare nu poate depăși anumite limite în cazul găurilor de lărgire și de profil, deoarece mărimea anticipantei trebuie corelată cu numărul de găuri tehnologic necesar lucrărilor miniere în fund de sac.

### IV. Densitatea de încărcare cu exploziv

Pentru a obține densități mari de încărcare este evident că încărcăturile de fund trebuie să fie concentrate, lucru ce se poate face prin presare în cazul explozivilor minieri.

Prelucrînd un număr suficient de date, se propune următoarea relație de calcul pentru stabilirea densității de încărcare prin presare :

$$\delta_1 = \frac{0{,}785}{1\,000} p \cdot d \cdot D \cdot \gamma_{exp}, \text{ kg/m,} \quad (10)$$

în care :

$p$ este coeficientul de presare a explozivului, care are valoarea de 1,06 pentru dinamită și 0,94 pentru astralită, cînd presarea se realizează manual cu burătorul ;

$d$ — diametrul cartușului de exploziv, mm;

$D$ — diametrul găurii de mină, mm ;

$\gamma_{exp.}$ — greutatea specifică a explozivului, care are valoarea de 1,5 kg/dm³, pentru dinamită, și 1,1 kg/dm³, pentru astralită.

Deoarece numai încărcătura de fund se realizează prin presare, încărcătura alungită constituindu-se fără presare, pentru a evita efectul de canal raportul $D/d$ trebuie să fie mai mic de 1,25 ; deci, diametrul cartușului de exploziv limitează diametrul găurilor de lărgire și profil a lucrărilor miniere în fund de sac.

Pentru dinamită în cartușe de 25 mm și astralită în cartușe de 30 mm, diametrele utile de gaură și densitățile încărcăturii de fund prin presare manuală sînt cele din tabelul 2.

*Tabelul 2*

| D (mm) | $\sigma_1$ [kg/m] dinamită | astralită |
|---|---|---|
| 30 | 0,94 | — |
| 31 | 0,97 | — |
| 32 | 1,00 | — |
| 35 | — | 0,85 |
| 36 | — | 0,88 |
| 37 | — | 0,90 |

Densitatea de încărcare prin presare manuală este dependentă însă și de temperatura la locul de muncă, precum și de lungimea cartușului de exploziv. Densități de încărcare de 0,9—1,0 kg/m se pot deci realiza în diametrele de gaură care să evite efectul de canal la explozia încărcăturii alungite.

Corelarea diametrului cartușului cu diametrul găurii de mină conduce însă, pe lîngă efectele favorabile de rupere, la creșterea eficienței economice a tăierii, prin îmbunătățirea vitezei de perforare și reducerea costurilor materiale.

Presarea mecanică cu dispozitive pneumatice de încărcare ridică probleme de dotare, ca și un consum energetic mărit, avînd în vedere necesitatea producerii aerului comprimat pînă la sfîrșitul schimbului de lucru.

De altfel, densități de încărcare de 1,0 kg/m pentru încărcăturile de fund ale găurilor de lărgire și de profil sînt total eficiente și corelate cu numărul de găuri, dispozitivele pneumatice de încărcare devenind ineficiente în aceste cazuri.

În mod cert fiecare încărcătură are o altă anticipantă, deoarece diametrul găurii se modifică prin uzura tăișului sfredelului, iar găurile de mină nu se pot amplasa astfel încît să creeze suprafețe riguros geometrice ; modificările nu sînt însă esențiale cînd se folosesc diametre de gaură apropiate.

Avînd însă în vedere lungimile mici ale încărcăturii de fund a găurilor de lărgire și de profil, se recomandă cartușe scurte de exploziv, pentru dimensionarea cît mai corectă a încărcăturilor.

## V. Numărul de găuri de lărgire și de profil

Găurile necesare pentru o lucrare minieră în fund de sac trebuie să realizeze suprafețe suplimentare de rupere, să le lărgească și să contureze secțiunea de săpare.

Încărcăturile explozive din găurile de lărgire și de profil au disponibile două suprafețe libere de rupere, avînd rolul de a lărgi golul format de găurile de sîmbure pînă la dimensiunile profilului de săpare prevăzut.

Încărcăturile de fund ale acestor găuri trebuie să asigure o tăiere netedă de fund și o utilizare cît mai completă a găurii de mină.

O determinare suficient de exactă a numărului de găuri se poate face dacă secțiunea de săpare a lucrării miniere se echivalează cu o formă pătrată, în care găurile se amplasează într-o rețea echidistantă (fig. 6).

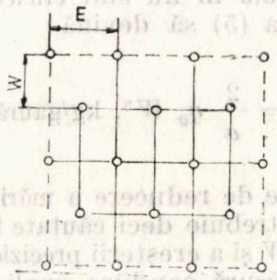



Fig. 6

Relația analitică care stabilește numărul total de găuri, potrivit figurii 6, este :

$$N = \frac{S}{EW} + \left(\frac{1}{2W} + \frac{1}{E}\right)\sqrt{S} + 1, \text{ buc.,} \quad (11)$$

în care :

$S$ este secțiunea de săpare a lucrării miniere, m² ;

$E$ — distanța între găuri, m.

Tot prin similitudine cu o situație reală, se observă că, dacă aceste găuri sînt prinse într-un contur închis, o parte lucrează numai în condițiile existenței unei singure suprafețe libere, fapt ce conduce la concluzia că acestea nu pot fi decît găuri de sîmbure.

Numărul acestor găuri, potrivit figurii 6, este dat de următoarea relaţie analitică :

$$N_s = \frac{\sqrt{S}}{2W} + \frac{\sqrt{S}}{E} + 1, \text{ buc.} \qquad (12)$$

Prin scăderea numărului de găuri de sîmbure din numărul total de găuri, se obţine numărul găurilor de lărgire şi de profil :

$$N_{lp} = \frac{S}{EW}, \text{ buc.} \qquad (13)$$

Produsul $EW$ reprezintă secţiunea de tăiere la fund a unei găuri, iar mărimea acesteia este determinată de un raport $E/W$, care este cuprins între 1,0 şi 1,3.

Raportul $E/W$ variază însă şi cu secţiunea de săpare a lucrării miniere, deoarece cu cît aceasta creşte se creează posibilităţi îmbunătăţite de amplasare a găurilor de lărgire şi de profil.

Luînd în considerare aceste reciprocităţi, se propune următoarea relaţie de calcul între secţiunea de săpare şi raportul $E/W$ :

$$\frac{E}{W} = \frac{21{,}5 - S}{25}. \qquad (14)$$

Pentru secţiunile uzuale de săpare din LG-3/1984, raportul $E/W$ are valorile din tabelul 3.

*Tabelul 3*

| S [m²] | E/W |
|---|---|
| 4,50 | 104 |
| 5,00 | 106 |
| 5,60 | 199 |
| 6,80 | 113 |
| 8,00 | 118 |

Relaţia (14) a fost stabilită în raţionamentul că există posibilitatea de variaţie practică a raportului $E/W$ între limitele sale optime.

## VI. Corelarea parametrilor de rupere

Rezultă, din cele prezentate, că determinarea corectă a încărcăturilor de fund al găurilor de lărgire şi de profil se poate face numai dacă se ţine seama de toţi parametrii de rupere.

Pentru corelarea parametrilor de rupere trebuie avut în vedere faptul că densităţi mai mari de 1,0 kg/m pentru încărcăturile de fund nu sînt indicate în cazul găurilor de lărgire şi de profil.

Densităţi de încărcare de 0,9—1,0 kg/m se pot realiza în cazul diametrelor mici de gaură, prin presare manuală cu burătorul, nefiind necesară utilizarea unor dispozitive pneumatice.

Diametrul de gaură trebuie corelat cu diametrul cartuşului de exploziv pentru a evita efectul de canal, deoarece încărcăturile alungite ale găurilor de lărgire şi de profil trebuie realizate fără presare.

Pentru dinamită, diametrul de gaură trebuie să fie cuprins între 29 şi 33 mm şi se pot realiza densităţi ale încărcăturii de fund între 0,95 şi 1,00 kg/m, iar pentru astralită diametrul trebuie să fie cuprins între 34 şi 38 mm, putîndu-se realiza densităţi ale încărcăturii de fund de 0,85—0,90 kg/m.

Densitatea de încărcare prin presare creşte în raport cu temperatura de la locul de muncă şi cu reducerea lungimii cartuşului de exploziv.

Lungimea încărcăturii de fund determină randamentul de rupere al găurilor, lungimea de gaură neutilizată fiind egală cu lungimea încărcăturii de fund.

Întrucît lungimea optimă a încărcăturii de fund este cuprinsă între 0,3 şi 0,5 $W$, trebuie să se acţioneze în sensul creşterii densităţii de încărcare şi de reducere a lungimii încărcăturii, în limita obţinerii de anticipante corelate cu numărul de găuri.

La stabilirea lungimii încărcăturii de fund trebuie să se ţină seama şi de lungimea cartuşului de exploziv, care nu poate fi rupt.

Amplasarea găurilor trebuie făcută în aşa fel, încît variaţia raportului $E/W$ să se încadreze între 1,0 şi 1,3.

În cazul existenţei unor condiţii favorabile de rupere, trebuie să se acţioneze pentru creşterea raportului $E/W$ înspre limita maximă, iar în cazul prezenţei unor dificultăţi de rupere mărimea raportului $E/W$ trebuie redusă.

Este necesar însă să se urmărească mărimea raportului $E/W$, care trebuie să fie cît mai mare, dacă se obţin ruperi de fund eficace, deoarece consumul specific de exploziv este dependent şi de numărul de găuri, pe lîngă faptul că un număr de găuri mai mare decît cel strict necesar conduce la costuri suplimentare şi la reducerea productivităţii muncii.

## VII. Optimizarea parametrilor de rupere

Ţinînd seamă de reciprocitatea dintre parametrii de rupere şi de corelarea acestora în scopul obţinerii unei tăieri de fund eficiente, calculele de optimizare conduc la concluzia că cea mai corespunzătoare mărime a încărcăturii de fund este 0,2 kg la utilizarea dinamitei şi 0,3 kg la utilizarea astralitei.

Pentru aceste încărcături de fund şi pentru rezistenţa de rupere a rocilor la explozie, prezentate în tabelul 1, mărimile anticipantelor calculate cu relaţia (6), în funcţie de categoria de rocă, sînt prezentate în tabelul 4.

Întrucît mărimea încărcăturii de fund este produsul între lungimea încărcăturii şi densitatea de încărcare, iar densitatea încărcăturilor

presate este dependentă de diametrul de gaură, conform relației (10) lungimea încărcăturii de fund, în raport cu diametrul găurii de mină, este prezentată în tabelul 5.

*Tabelul 4*

| categ. rocii | W [m] dinamită | astralită |
|---|---|---|
| ST | 0,76 | 0,79 |
| T | 0,70 | 0,73 |
| FT | 0,64 | 0,67 |
| ET | 0,58 | 0,61 |

*Tabelul 5*

| D [mm] | $h_1$ [m] dinamită | astralită |
|---|---|---|
| 30 | 0,213 | — |
| 31 | 0,206 | — |
| 32 | 0,200 | — |
| 35 | — | 0,351 |
| 36 | — | 0,342 |
| 37 | — | 0,332 |

Din datele prezentate rezultă că lungimile încărcăturilor de fund scad o dată cu creșterea diametrului de gaură, dar aceste creșteri nu sînt esențiale.

Avînd însă în vedere că lungimea încărcăturii de fund reprezintă partea neutilizată a găurii de mină, mărimea raportului $W/h_1$, prezentat în tabelul, 6 caracterizează randamentul de rupere a găurilor.

*Tabelul 6*

| categ. rocii | W [m] dinamită | astralită |
|---|---|---|
| ST | 0,76 | 0,79 |
| T | 0,70 | 0,73 |
| FT | 0,64 | 0,67 |
| ET | 0,58 | 0,61 |

Din datele prezentate se observă că lungimea găurii ce se perforează peste limita saltului și rămîne neutilizată după împușcare scade o dată cu creșterea diametrului de gaură și crește în raport cu tăria rocii, fiind mai accentuată la astralită în raport cu dinamita.

Întrucît raportul $W/h_1$ trebuie să fie mai mic de 0,5 pentru a asigura încărcături de fund eficace, astralita se recomandă numai pentru roci de categoria ST și T.

Numărul de găuri se calculează cu relația (13), în care raportul $E/W$ și mărimea anticipantei sînt cele prezentate în tabelul 3, respectiv tabelul 4.

În funcție de categoria de tărie a rocii și de secțiunile de săpare din LG—3/1984, numărul necesar de găuri de lărgire și de profil este cel prezentat în tabelul 7.

Se observă că, deși încărcăturile de fund sînt mai mari cu 100 g la folosirea astralitei și se creează anticipante mai mari, numărul de găuri de lărgire și de profil se reduce numai cu una, ceea ce nu este deloc esențial.

Mărimea încărcăturii de fund a găurilor de lărgire și de profil necesară unui salt este produsul între încărcătura de fund și numărul de găuri, iar consumul specific de exploziv al încărcăturii de fund este raportul între mărimea încărcăturii necesare unui salt și produsul între secțiunea de săpare și anticipantă.

*Tabelul 7*

| categ. rocii | Nr. găuri de lărgire și profil. Secțiunea de săpare [m²] 4,50 | 5,00 | 5,60 | 6,80 | 8,00 |
|---|---|---|---|---|---|
| Pentru dinamită | | | | | |
| ST | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| T | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 |
| FT | 11 | 12 | 13 | 15 | 18 |
| ET | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 |
| Pentru astralită | | | | | |
| ST | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| T | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 |

Un calcul matematic stabilește că pentru astralită consumul specific al încărcăturii de fund este mai mare cu 30% decît pentru dinamită.

## Concluzii

**1.** Cercetările efectuate și experiența practică acumulată impun analizarea atentă a fenomenului de rupere la tăierea cu explozivi a rocilor, în scopul creșterii eficienței în săparea lucrărilor miniere.

**2.** La constituirea încărcăturilor explozive trebuie să se țină seama de cele două componente, una de fund, care asigură ruperea rocii într-un plan perpendicular pe direcția găurii, și una alungită, care afinează roca de-a lungul găurii.

**3.** Pentru determinarea corectă a încărcăturii de fund trebuie determinate precis rezistența de rupere a rocilor la explozie și corelarea acesteia cu eficacitatea încărcăturii explozive.

**4.** Analiza fenomenului de tăiere la fund trebuie să țină seamă de toți parametrii care participă la tăiere.

**5.** Relațiile de calcul prezentate fac posibilă analiza fenomenului de tăiere și conduc la stabilirea unor încărcături de fund adecvate rezistenței de rupere a rocilor la explozie.

### Bibliografie


[1] Langefors. *The Calculation of Charges for Bench Blasting and Steping.*

[2] Gal, I. *Contribuții la perfecționarea tehnologiilor de impușcare în minele de minereuri.* Teză de doctorat.

[3] * * * *Manualul inginerului de mine.* Vol. III, ed. 1986.

[4] Fodor, D., Georgescu, M., Zaporojan, M. *Extragerea cu explozivi în cariere.* Mine, Petrol, Gaze, nr. 4, 1988.

# Tehnologie de perforare-împuşcare la metoda de exploatare cu surpare în subetaje

Ing. **Şt. Belenyeşi**
Centrul de Cercetări, Inginerie Tehnologică şi Proiectări pentru Securitate Minieră Petroşani

## I. Introducere

Metoda de exploatare cu surpare în subetaje permite exploatarea în condiţii economice avantajoase atît a corpurilor de minereu cu conţinut ridicat în substanţe minerale utile, cît şi a celor cu conţinut mai redus. Aria de practicare a acestei metode este în continuă creştere, date fiind avantajele incontestabile materializate prin : creşterea substanţială a capacităţilor de producţie, sporirea productivităţii muncii, reducerea consumurilor specifice de materiale şi explozivi, diminuarea importantă a cheltuielilor de producţie la nivel de abataj etc.

Indiferent de variantele practicate ale acestei metode, extragerea propriu-zisă se face prin perforare-împuşcare pe toată înălţimea prestabilită a subetajelor, operaţie uneori dificilă, care impune :

— amplasarea judicioasă a găurilor evantaiului ;

— evitarea, în măsura posibilităţilor, a devierilor datorate lungimilor mari de foraj ;

— încărcarea mecanizată cu explozivi a găurilor, mai ales a celor cu lungimi mai mari de 4—5 m ;

— adoptarea unei anticipante care să asigure obţinerea unei granulometrii corespunzătoare încărcării mecanizate a minereului.

## II. Tehnologiile de perforare-împuşcare adoptate

În contextul general de exploatare a subetajelor deosebim două variante de lucru.

*Varianta I* constă în perforarea unor evantaie de găuri monoconcentrice, pe toată suprafaţa corespunzătoare unui subetaj, atît la tavan, cît şi în pereţii laterali ai galeriei de subetaj (fig. 1).

Dezavantajele variantei de lucru sînt următoarele :

— o parte din minereul rezultat în urma împuşcării nu se va evacua imediat din acel front de lucru, rămînînd stocat şi apoi evacuat la subetajul inferior ;

— imposibilitatea încărcării cu explozivi a tuturor găurilor din pereţii laterali datorită rocii din „perna de steril" ce se aşază conform unghiului de taluz natural, fapt ce determină apariţia de supragabariţi în această zonă.

*Varianta a II-a* constă în executarea unor evantaie de găuri, numai la tavan, prin perforarea subetajului în lucru, a pilierului dintre cele două galerii alăturate şi a întregului subetaj superior, rămînînd neperforat pilierul dintre galeriile subetajului în lucru (fig. 2).

Dezavantajele metodei constau în :

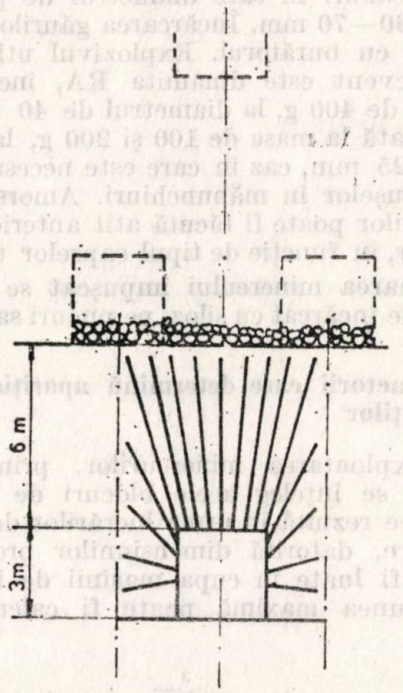



Fig. 1

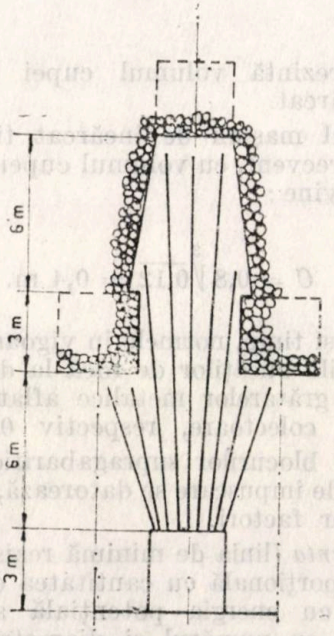



Fig. 2

— găurile foarte lungi se pot executa numai dispunînd de utilaje de perforare cu performanţe superioare;

— încărcarea extrem de dificilă a găurilor cu exploziv, operaţie ce poate să dureze 2—4 schimburi;

— frecvenţa mare a blocurilor supragabaritice rămase în zona superioară a găurilor, fapt datorat atît nerespectării lungimii prestabilite a găurilor, cît şi devierii acestora de la direcţia iniţială.

În ambele variante diametrul de perforare a găurilor este de 50—54 mm, întîlnindu-se însă şi cazuri în care diametrul de perforare este de 60—70 mm. Încărcarea găurilor se face manual, cu burătorul. Explozivul utilizat cel mai frecvent este dinamita RA, încartuşată la masa de 400 g, la diametrul de 40 mm, sau încartuşată la masa de 100 şi 200 g, la diametrul de 25 mm, caz în care este necesară legarea cartuşelor în mănunchiuri. Amorsarea încărcăturilor poate fi făcută atît anterior, cît şi posterior, în funcţie de tipul capselor utilizate.

Evacuarea minereului împuşcat se face cu maşini de încărcat cu siloz, pe pneuri sau şenile.

### III. Factorii care determină apariţia supragabariţilor

La exploatarea minereurilor, prin supragabariţi se înţeleg acele blocuri de minereu (steril) ce rezultă în urma lucrărilor de împuşcare care, datorită dimensiunilor prea mari, nu pot fi luate în cupa maşinii de încărcat. Dimensiunea maximă poate fi calculată cu relaţia:

$$C = 0{,}8\sqrt[3]{E},\ \text{m},$$

în care:

$E$ reprezintă volumul cupei maşinii de încărcat.

În cazul maşinii de încărcat tip MIS-1P, utilizată frecvent, cu volumul cupei de 0,12 m$^3$, relaţia devine:

$$C = 0{,}8\sqrt[3]{0{,}12} = 0{,}4\ \text{m}.$$

În acelaşi timp, normele în vigoare limitează dimensiunile bucăţilor de rocă la dimensiunile ochiurilor grătarelor metalice aflate deasupra silozurilor colectoare, respectiv 0,4×0,4 m.

Apariţia blocurilor supragabaritice în urma lucrărilor de împuşcare se datorează, în special, următorilor factori.

*Anticipanta* (linia de minimă rezistenţă) este direct proporţională cu cantitatea de exploziv utilizată, cu energia potenţială a acestuia, precum şi cu numărul şi diametrul găurilor proiectate. Prin creşterea mărimii anticipantei, peste valoarea optimă, se măreşte rezistenţa opusă de masiv energiei explozive, determinînd astfel apariţia supragabariţilor. Invers, prin micşorarea nejustificată a anticipantei, rezultă un consum neraţional de exploziv şi, implicit, un preţ de cost ridicat. În practică, există tendinţa de micşorare a valorii anticipantei, prin aceasta favorizîndu-se distrugerea parţială sau totală a găurilor evantaielor perforate anterior.

*Consumul specific de exploziv.* O valoare prea mică a acestui factor conduce la o fragmentare necorespunzătoare a rocii împuşcate. Literatura de specialitate consemnează faptul că o dată cu creşterea tăriei rocilor creşte proporţional şi consumul specific de exploziv.

*Numărul de găuri.* Din cercetările efectuate în ţară şi în străinătate reiese faptul că unei găuri perforate la diametrul de 50—54 mm îi revine o suprafaţă de rupere de 1,5—1,7 m$^2$. Stabilirea numărului optim de găuri permite o repartizare raţională a întregii cantităţi de exploziv aferente frontului de lucru.

*Lungimea găurilor.* Executarea găurilor în evantai, cu lungime mai mică decît cea optimă, conduce la rămînerea în masiv a unor zone neperforate, deci neîmpuşcate, care constituie pierderi de producţie, şi nu permit ca „perna de steril" să-şi exercite rolul, constituind totodată, un potenţial pericol de accidente.

În practică există însă, frecvent, şi situaţia inversă, în care găurile din tavan străpung planşeul (de exemplu pentru a stabili grosimea acestuia), caz în care energia explozivului se risipeşte, producînd numai o fisurare superficială a masivului.

*Orientarea găurilor.* Aici se poate vorbi despre unghiul de înclinare, măsurat înspre zona exploatată, dintre planul format de găurile evantaiului şi axa longitudinală a camerei, pe de o parte, şi de unghiul dintre găurile aceluiaşi evantai, pe de altă parte. În urma observaţiilor din practică, s-a constatat că, cu cît unghiul de înclinare a găurilor înspre zona exploatată scade, cu atît există riscul mai mare ca pereţii găurilor să prezinte fenomenul de surpare, în mod special în cazul zăcămintelor fisurate. Ca urmare, va fi îngreunat, dacă nu chiar imposibil de realizat, procesul de încărcare a găurilor cu explozivi.

În a doua situaţie, prin nerespectarea orientării găurilor din acelaşi evantai, la lungimi mari, o deviere mică de la direcţia proiectată conduce la distanţe mari între tălpile găurilor.

*Burajul.* Prin neburarea găurilor sau, în cazul cel mai frecvent, prin umplerea completă a găurilor cu exploziv, se pierde o mare cantitate din energia explozivă care, împreună cu unda aeriană de şoc astfel formată, va acţiona negativ asupra masivului.

*Timpii de întîrziere.* Este cunoscut faptul că împușcările instantanee, pe lîngă celelalte neajunsuri (undă de șoc mare, efect seismic puternic, fragmentare neuniformă etc.), au un randament nesatisfăcător. Prin practicarea împușcărilor cu întîrziere de milisecundă, se asigură valorificarea la nivel superior a energiei explozive, efectul ridicat datorîndu-se explodării încărcăturilor la intervale succesive de timp mici, astfel încît masivul de rocă nu se eliberează de tensiunile remanente produse anterior explodării încărcăturilor dintr-o serie nouă, ceea ce conduce la un efect de rupere bun și o fragmentare uniformă. Datele oferite de literatura de specialitate, corelate cu rezultatele obținute în practică, conduc la recomandarea următoarelor valori optime ale intervalelor de întîrziere :

20—30 ms — pentru roci tari și foarte tari ;
30—40 ms — pentru roci de tărie medie ;
40—45 ms — pentru roci de tărie mică.

## IV. Tehnologia de perforare-împușcare elaborată

Din analiza tehnologiilor de perforare-împușcare practicate curent, ținînd seama și de factorii ce contribuie la apariția supragabaritilor, s-a elaborat o nouă tehnologie, care asigură extragerea completă și la granulații corespunzătoare încărcării mecanizate a minereului, atît din planșeul dintre subetaje, cît și din pilierii dintre camere. Elementele tehnologiei sînt următoarele :

— perforarea găurilor în evantai se face la tavan, pe toată înălțimea subetajului în lucru, precum și în pilierul dintre camerele subetajului superior, iar în pereții laterali — numai la partea superioară a acestora, deasupra taluzului natural al materialului derocat (fig. 3) ;

— perforarea găurilor în evantai se face sub un unghi de 85—90° înspre zona exploatată ;

— diametrul de perforare de 50—54 mm se pretează pentru utilizarea explozivilor de tipurile Rovex 700, sub formă de cartușe cu masa de 1 kg și diametrul de 40 mm ; dinamită sub formă de cartușe cu diametrul de 40 mm sau de 25 mm și masa de 100 g sau 200 g, legate în mănunchiuri ; Nitramon (AM-1) pulverulent, încărcat mecanizat ;

— lungimile și orientările găurilor se stabilesc astfel, încît să se evite străpungerea planșeului sau a galeriilor de subetaj.

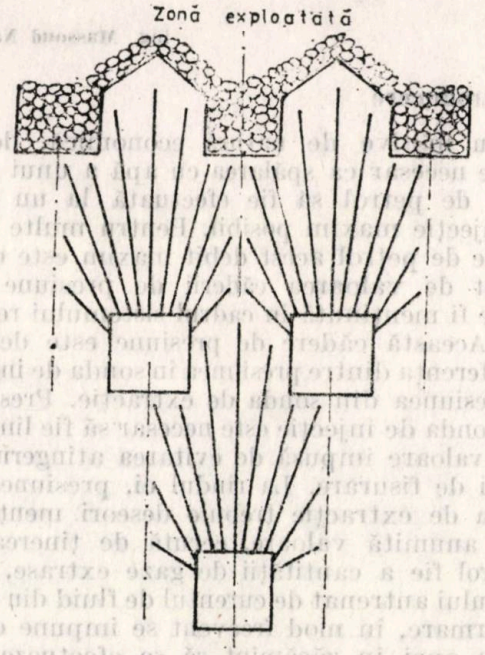



Fig. 3

### Concluzii

Trecerea la noua tehnologie are următoarele avantaje.

1. Eliminarea dezavantajelor perforării găurilor foarte lungi (achiziționarea utilajelor cu performanțe superioare, devierea de la direcția proiectată datorită lungimii mari a găurilor, încărcarea greoaie cu explozivi etc.).

2. Amplasarea mai judicioasă a găurilor și, astfel, evitarea rămînerii în masiv a blocurilor supragabaritice.

3. Ușurarea procesului de încărcare atît manuală, cît și mecanizată a găurilor cu explozivi.

4. Posibilitatea încărcării găurilor din pereții laterali de pe taluzul natural al rocii împușcate.

5. Extragerea completă a minereului atît din planșeul dintre subetaje, cît și din pilierii dintre camere.

# Recuperarea petrolului din zăcămînt prin injecţie de apă la diferenţă de presiune constantă

Dr. ing. **I. Creţu**
ing. **Massoud Naghzgooye Kohan**, doctorand iranian

## Introducere

Din motive de natură economică, deseori apare necesar ca spălarea cu apă a unui zăcămînt de petrol să fie efectuată la un debit de injecţie maxim posibil. Pentru multe zăcăminte de petrol acest debit maxim este determinat de valoarea căderii de presiune care poate fi menţinută în cadrul sistemului respectiv. Această cădere de presiune este definită ca diferenţa dintre presiunea în sonda de injecţie şi presiunea din sonda de extracţie. Presiunea din sonda de injecţie este necesar să fie limitată la o valoare impusă de evitarea atingerii presiunii de fisurare. La rîndul ei, presiunea din sonda de extracţie trebuie deseori menţinută la o anumită valoare, cerută de ţinerea sub control fie a cantităţii de gaze extrase, fie a nisipului antrenat de curentul de fluid din strat. Ca urmare, în mod frecvent se impune ca injecţia apei în zăcămînt să se efectueze la o cădere de presiune constantă.

Considerînd cazul dezlocuirii fracţionale a petrolului prin injecţie de apă într-un sistem unidimensional, în lucrare sînt prezentate rezultatele unor cercetări experimentale de laborator. Aceste rezultate au fost comparate cu performanţa procesului de dezlocuire calculată pe baza unei soluţionări teoretice a problemei [1].

## Aspecte teoretice

Este evident că în cazul în care presiunea diferenţială din cadrul unui sistem de dezlocuire incompresibilă liniară se menţine constantă, debitul de injecţie a apei se va modifica în timp. În acest caz, soluţia avansării frontale poate fi obţinută prin reanalizarea ecuaţiei Buckley-Leverett [2], scrisă sub forma:

$$\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)_{s_a} = \frac{Q_t}{mA}\left(\frac{\partial f_a}{\partial s_a}\right)_t. \qquad (1)$$

Întrucît fluidele din sistem (apa şi petrolul) sînt practic incompresibile, orice schimbare a debitului la un capăt al sistemului liniar se va propaga instantaneu la celălalt capăt, determinînd ca debitul total $Q_t$ să varieze în timp, dar să rămînă invariabil în raport cu variabila spaţială $x$ pentru un timp $t$ dat.

În aceste condiţii, poziţia frontului de saturaţie constantă $s_a$ se obţine prin integrarea ecuaţiei (1) astfel:

$$x = \frac{1}{mA}\left(\frac{\partial f_a}{\partial s_a}\right)_{s_a}\int_0^t Q_t\,\mathrm{d}t. \qquad (2)$$

Definind volumul total adimensional de fluid injectat, sub forma:

$$\bar{V}_t = \frac{1}{V_p}\int_0^t Q_t(t)\mathrm{d}t = \frac{V_t}{V_p}, \qquad (3)$$

unde:

$$V_p = mAL \qquad (4)$$

este volumul porilor unui zăcămînt monoclin care are aria secţiunii transversale $A$, lungimea $L$ şi porozitatea $m$, relaţia (3) devine:

$$x = L\bar{V}_t f_a'. \qquad (5)$$

Ecuaţia (5) ia aceeaşi formă şi în cazul injecţiei apei la debit constant. Acest fapt arată că producţia cumulativă de petrol şi raţia apă-petrol, corespunzătoare dezlocuirii fracţionale unidimensionale, depind (atît în cazul debitului de injecţie constant, cît şi în cazul celui variabil în timp) numai de volumul adimensional cumulativ $\bar{V}_t$ şi de fracţia $f_a(s_a)$.

Dacă diferenţa de presiune între punctele extreme ale domeniului dezlocuirii unidimensionale este constantă în timp, iar gradienţii de presiune în fazele petrol şi apă sînt egali, debitul total, la timpul $t$, are expresia:

$$Q_t = -\left(\frac{k_{rp}}{\mu_p} + \frac{k_{ra}}{\mu_a}\right)Ak\,\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x},$$

care poate fi transcrisă astfel:

$$Q_t = -\lambda_r kA\,\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x}, \qquad (6)$$

unde $\lambda_r$ este mobilitatea relativă totală, definită de relaţia:

$$\lambda_r = \frac{k_{rp}}{\mu_p} + \frac{k_{ra}}{\mu_a}. \qquad (7)$$

Deoarece pentru orice $x$ debitul $Q_t$ la un timp $t$ dat este constant, relaţia (6) duce la ecuaţia:

$$Q_t\int_0^L \frac{\mathrm{d}x}{r} = -kA\int_{p_t}^{p_p}\mathrm{d}p,$$

care, după integrare și rearanjare, devine:

$$Q_t = \frac{kA\,(p_i - p_p)}{\int_0^L \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x}, \tag{8}$$

unde:

$p_i$ și $p_p$ sînt — presiunile din sondele de injecție, respectiv de producție;

$\lambda_r^{-1}$ — viscozitatea aparentă a fluidului bifazic apă-petrol pentru saturația $s_a$.

Definind viscozitatea medie aparentă sub forma:

$$\bar{\lambda}^{-1} = \frac{\int_0^L \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x}{\int_0^L \mathrm{d}x}, \tag{9}$$

relația (8) devine:

$$Q_t = \frac{kA\,(p_i - p_p)}{L\,\bar{\lambda}^{-1}}. \tag{10}$$

Conform ecuației (5), pentru o valoare a lui $\bar{V}_t$ dată, $x$ depinde numai de $f'_a$ și, prin diferențiere, se obține:

$$\mathrm{d}x = L\bar{V}_t\,\mathrm{d}f'_a. \tag{11}$$

Pe baza acestei relații se poate scrie egalitatea:

$$\frac{\int_0^L \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x}{\int_0^L \mathrm{d}x} = \frac{\int_{f'_{ao}}^{f'_{ae}} \lambda_r^{-1} L\bar{V}_t\,\mathrm{d}f'_a}{\int_{f'_{ao}}^{f'_{ae}} L\bar{V}_t\,\mathrm{d}f'_a}$$

care se reduce la:

$$\frac{\int_0^L \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x}{\int_0^L \mathrm{d}x} = \frac{1}{f'_{ae}} \int_0^{f'_{ae}} \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}f'_a, \tag{12}$$

unde:

$f'_{ae}$ este derivata fracției $f_a$ la $x = L$ și $s_a = s_{ae}$;

iar:

$f'_{ao}$ — derivata lui $f_a$ la $x = 0$.

După inundarea sondelor de extracție $\bar{\lambda}^{-1} = \bar{\lambda}_e^{-1}$, cu:

$$\bar{\lambda}_e^{-1} = \frac{1}{f'_{ae}} \int_0^{f'_{ae}} \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}f'_a. \tag{13}$$

Evaluarea parametrului $\bar{\lambda}_e^{-1}$ în intervalul $s_{af} \leqslant s_{ae} \leqslant (1 - s_{pr})$,

unde:

$s_{af}$ este saturația în apă pe frontul de dezlocuire,

permite calcularea cu ajutorul relației (10)a debitului $Q_t$ corespunzător atît momentului inundării, cît și perioadei de după inundare. În intervalul anterior inundării, integrala din relația (9) poate fi exprimată astfel:

$$\int_0^L \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x = \int_0^{x_1} \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x + \int_{x_1}^L \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x, \tag{14}$$

unde:

$$x_1 = x(s_{af}),$$

$$\int_0^{x_1} \lambda_r^{-1}\,\mathrm{d}x = x_1 \bar{\lambda}_f^{-1}, \tag{15}$$

pentru $x_1 \leqslant L$, $s_{ae} = s_{ai}$, $\lambda_{ra}^{-1} = 0$ și $\lambda_r^{-1} = \lambda_{rp}^{-1}$. În consecință, din relațiile (9) și (14) rezultă:

$$\lambda^{-1} = \frac{x_1}{L}\,\bar{\lambda}_f^{-1} + \left(1 - \frac{x_1}{L}\right)\lambda_{rp}^{-1}. \tag{16}$$

Întrucît relația (5) duce la:

$$x_1 = L\bar{V}_t f'_{af}, \tag{17}$$

din ecuația (16) se obține expresia:

$$\bar{\lambda}^{-1} = \lambda_{rp}^{-1} + (\bar{\lambda}_f^{-1} - \lambda_{rp}^{-1})\,\bar{V}_t f'_{af}, \tag{18}$$

care arată că viscozitatea aparentă înainte de inundare variază liniar cu volumul de apă injectată (exprimat în volume de pori).

Ultima etapă a estimării performanței procesului de spălare unidimensională cu apă constă în stabilirea corespondenței dintre debitul total $Q_t$ și timpul $t$ de desfășurare a procesului. Ecuația (10), combinată cu relațiile (13) și (16), furnizează o corelație directă între para-

metrii $Q_t$ și $\bar{V}_t$, permițînd calcularea lui $Q_t$ pentru $\bar{V}_t$ dat. Pe de altă parte, folosind relația (3), este posibilă determinarea timpului $t$ corespunzător perechilor de valori $Q_t$ și $\bar{V}_t$. O astfel de posibilitate are la bază scrierea relației (3) pentru două trepte de timp succesive, sub forma:

$$\bar{V}_t^n = \frac{1}{V_p}\int_0^{t_n} Q_t \, dt, \tag{19}$$

$$\bar{V}_t^{n+1} = \frac{1}{V_p}\int_0^{t_{n+1}} Q_t \, dt. \tag{20}$$

Prin scăderea relației (20) din relația (19) se obține ecuația:

$$\bar{V}_t^{n+1} - \bar{V}_t^n = \frac{1}{V_p}\left[\int_0^{t_{n+1}} Q_t \, dt - \int_0^{t_n} Q_t \, dt\right],$$

care după însumarea integralelor devine

$$\bar{V}_t^{n+1} - \bar{V}_t^n = \frac{1}{V_p}\int_{t_n}^{t_{n+1}} Q_t \, dt. \tag{21}$$

Presupunînd că $Q_t$ poate fi aproximat sub forma:

$$Q_t = \frac{1}{2}(Q_t^n + Q_t^{n+1}), \tag{22}$$

din ecuația (21) rezultă relația:

$$t^{n+1} = t^n + \frac{2(\bar{V}_t^{n+1} - \bar{V}_t^n)}{Q_t^{n+1} + Q_t^o}, \tag{23}$$

care pentru $n = 0$ ia forma particulară:

$$t^1 = \frac{2\bar{V}_t^1 V_p}{Q_t^1 + Q_t^o}. \tag{24}$$

Deoarece în cazul fluidelor incompresibile căderea de presiune aplicată sistemului se propagă instantaneu în zăcămînt, debitul inițial $Q_t^0$ poate fi aproximat prin debitul de petrol corespunzător saturației în apă interstițială, astfel:

$$Q_t^0 = \frac{kA(p_i - p_p)}{\lambda_{rp}^{-1} L}. \tag{25}$$

Dacă nu se dispune de relațiile permeabilitate-saturație obținute din date de laborator sau de zăcămînt, se pot folosi relații aproximative de tipul celor prezentate în lucrarea [3] la paginile 265 din volumul 1 și 69 din volumul 2. În cazul în care relațiile respective pot fi scrise sub forma:

$$k_{rp} = c_1(1 - s_{an})^{b_1}, \tag{26}$$

$$k_{ra} = c_2 s_{an}^{b_2}, \tag{27}$$

unde:

$s_{an}$ este saturația normalizată, definită astfel:

$$s_{an} = \frac{s_a - s_{ai}}{1 - s_{ai} - s_{pr}}, \tag{28}$$

fracția debitului de apă, în condițiile neglijării efectelor capilare și gravitaționale, are expresia:

$$f_a = \frac{s_{an}^{b_2}}{s_{an}^{b_2} + a(1 - s_{an})^{b_1}}, \tag{29}$$

în care:

$$a = \frac{c_1 \mu_a}{c_2 \mu_p}. \tag{30}$$

Notațiile din aceste relații au semnificațiile:

$s_{ai}$ — saturația în apă ireductibilă;
$s_{pr}$ — saturația în petrol remanent;
$\mu_a$ — viscozitatea apei;
$\mu_p$ — viscozitatea petrolului;
$c_1$, $c_2$ — coeficienți;
$b_1$, $b_2$ — exponenți.

Prin derivarea relației (29) rezultă formula:

$$f_a' = \frac{c_3[b_2 s_{an}^{b_2-1}(1 - s_{an})^{b_1} + b_1 s_{an}^{b_2}(1 - s_{an})^{b_1-1}]}{[s_{an}^{b_2} + a(1 - s_{an})^{b_1}]^2}, \tag{31}$$

în care:

$$c_3 = a/(1 - s_{pr} - s_{ai}). \tag{32}$$

**Performanțele experimentală și calculată ale unui proces de spălare cu apă**

Pentru verificarea pe cale experimentală a algoritmului prezentat mai sus s-au efectuat două experimente de dezlocuire a petrolului de către apă, folosindu-se un tub vertical din material plastic transparent, umplut cu nisip de granulație uniformă și saturat cu petrol în prezența saturației ireductibile în apă. Cele două experimente au fost realizate la diferențe de presiune constante $\Delta p_1 = 6\,570$ Pa, respectiv

$\Delta p_2 = 3\,824$ Pa. Sistemul folosit se caracterizează prin: diametrul tubului $d = 5{,}8$ cm, lungimea tubului $L = 90{,}5$ cm, porozitatea $m = 0{,}42$, saturația în apă interstițială $s_{ai} = 0{,}1195$, saturația în petrol remanent

*Tabelul 1*

**Performanța experimentală a procesului de spălare cu apă efectuat la diferența de presiune $\Delta p_1 = 6\,570$ Pa**

| Timpul de spălare, s | Volumul cumulativ de petrol extras, cm³ | Volumul cumulativ de apă extrasă, cm³ | Debitul de petrol, cm³/s | Debitul de apă, cm³/s | Rația apă-petrol |
|---|---|---|---|---|---|
| 700 | 92,47 | 0 | 0,1321 | 0 | 0 |
| 1 095 | 142,47 | 0 | 0,1266 | 0 | 0 |
| 1 320 | 192,47 | 0 | 0,2222 | 0 | 0 |
| 1 480 | 242,47 | 0 | 0,3125 | 0 | 0 |
| 1 620 | 292,47 | 0 | 0,3571 | 0 | 0 |
| 2 520 | 600 | 120 | 0,3417 | 0,1333 | 0,39 |
| 2 820 | 620 | 350 | 0,0666 | 0,7666 | 11,51 |
| 3 420 | 635 | 1 035 | 0,0250 | 1,1417 | 45,67 |

*Tabelul 2*

**Performanța experimentală a procesului de spălare cu apă efectuat la diferența de presiune $\Delta p_2 = 3\,824$ Pa**

| Timpul de spălare, s | Volumul cumulativ de petrol extras, cm³ | Volumul cumulativ de apă extrasă, cm³ | Debitul de petrol, cm³/s | Debitul de apă, cm³/s | Rația apă-petrol |
|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 1 | 0 | 0,0042 | 0 | 0 |
| 480 | 2 | 0 | 0,0042 | 0 | 0 |
| 720 | 4 | 0 | 0,0083 | 0 | 0 |
| 1 116 | 6 | 0 | 0,0051 | 0 | 0 |
| 2 280 | 150 | 0 | 0,1237 | 0 | 0 |
| 3 420 | 320 | 0 | 0,1491 | 0 | 0 |
| 3 960 | 360 | 180 | 0,0741 | 0,3333 | 4,498 |
| 6 120 | 480 | 580 | 0,0555 | 0,1852 | 3,337 |
| 8 640 | 605 | 1 240 | 0,0496 | 0,2619 | 5,280 |
| 11 220 | 635 | 2 190 | 0,0116 | 0,3682 | 31,741 |
| 13 980 | 695 | 3 660 | 0,0322 | 0,7903 | 24,543 |
| 15 000 | 705 | 4 410 | 0,0052 | 0,3906 | 75,115 |
| 16 140 | 710 | 5 400 | 0,0044 | 0,8684 | 197,363 |
| 21 300 | 720 | 9 370 | 0,0019 | 0,7694 | 404,947 |
| 28 440 | 725 | 12 130 | 0,0007 | 0,3866 | 552,286 |

*Tabelul 3*

**Rezultatele calculului performanței procesului de spălare cu apă din cadrul experimentului 1**

| Timpul, s | Debitul de petrol, cm³/s | Debitul de apă, cm³/s | Debitul total, cm³/s | Rația apă-petrol | Volumul adimensional injectat | Factorul de recuperare ca fracție | Producția cumulativă de petrol, cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,2271 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,0 |
| 73,67 | 0,1783 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,015 | 0,015 | 14,9 |
| 165,56 | 0,1467 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,030 | 0,030 | 29,9 |
| 275,60 | 0,1247 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,045 | 0,045 | 44,8 |
| 403,75 | 0,1084 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,060 | 0,060 | 59,7 |
| 549,98 | 0,0959 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,075 | 0,075 | 74,7 |
| 714,28 | 0,0859 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,089 | 0,089 | 89,6 |
| 896,64 | 0,0779 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,104 | 0,104 | 104,5 |
| 1 097,05 | 0,0712 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,119 | 0,119 | 119,5 |
| 1 315,50 | 0,0655 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,134 | 0,134 | 134,4 |
| 1 551,98 | 0,0265 | 0,03 | 0,06 | 1,29 | 0,149 | 0,149 | 149,3 |
| 1 965,40 | 0,0256 | 0,04 | 0,07 | 1,74 | 0,176 | 0,160 | 160,1 |
| 2 433,06 | 0,0243 | 0,06 | 0,08 | 2,27 | 0,211 | 0,171 | 171,8 |
| 2 952,37 | 0,0228 | 0,07 | 0,09 | 2,90 | 0,255 | 0,184 | 184,0 |
| 3 523,43 | 0,0213 | 0,08 | 0,10 | 3,64 | 0,308 | 0,196 | 196,6 |
| 4 147,71 | 0,0198 | 0,09 | 0,11 | 4,51 | 0,373 | 0,209 | 209,5 |
| 4 827,36 | 0,0184 | 0,10 | 0,12 | 5,51 | 0,451 | 0,222 | 222,4 |
| 5 565,00 | 0,0170 | 0,11 | 0,13 | 6,67 | 0,543 | 0,235 | 235,5 |
| 6 363,55 | 0,0157 | 0,13 | 0,14 | 8,00 | 0,651 | 0,248 | 248,5 |
| 7 226,10 | 0,0145 | 0,14 | 0,15 | 9,52 | 0,778 | 0,261 | 261,6 |
| 8 155,95 | 0,0134 | 0,15 | 0,16 | 11,26 | 0,925 | 0,274 | 274,5 |
| 9 156,60 | 0,0124 | 0,16 | 0,18 | 13,25 | 1,095 | 0,287 | 287,4 |
| 10 231,77 | 0,0114 | 0,18 | 0,19 | 15,53 | 1,291 | 0,300 | 300,2 |
| 11 385,34 | 0,0105 | 0,19 | 0,20 | 18,11 | 1,515 | 0,312 | 312,9 |
| 12 621,47 | 0,0097 | 0,21 | 0,21 | 21,06 | 1,772 | 0,325 | 325,4 |
| 13 944,50 | 0,0090 | 0,22 | 0,23 | 24,42 | 2,065 | 0,337 | 337,8 |
| 15 359,24 | 0,0083 | 0,23 | 0,24 | 28,24 | 2,399 | 0,349 | 350,1 |
| 16 870,66 | 0,0077 | 0,25 | 0,26 | 32,60 | 2,777 | 0,362 | 362,2 |
| 18 484,20 | 0,0071 | 0,27 | 0,27 | 37,58 | 3,206 | 0,373 | 374,1 |
| 20 205,66 | 0,0066 | 0,28 | 0,29 | 43,26 | 3,692 | 0,385 | 385,9 |
| 22 042,34 | 0,0061 | 0,30 | 0,31 | 49,77 | 4,241 | 0,397 | 397,5 |
| 23 998,16 | 0,0056 | 0,32 | 0,33 | 57,23 | 4,861 | 0,408 | 408,9 |
| 26 083,59 | 0,0052 | 0,34 | 0,35 | 65,80 | 5,562 | 0,419 | 420,2 |
| 28 305,70 | 0,0048 | 0,36 | 0,37 | 75,66 | 6,353 | 0,431 | 431,2 |
| 30 673,67 | 0,0044 | 0,38 | 0,39 | 87,06 | 7,246 | 0,441 | 442,1 |
| 33 197,39 | 0,0041 | 0,41 | 0,41 | 100,27 | 8,256 | 0,452 | 452,9 |

*Tabelul 4*

**Rezultatele calculului performanței procesului de spălare cu apă din cadrul experimentului 2**

| Timpul, s | Debitul de petrol, $\frac{cm^3}{s}$ | Debitul de apă, $\frac{cm^3}{s}$ | Debitul total, $\frac{cm^3}{s}$ | Raţia apă-petrol | Volumul adimensional injectat | Factorul de recuperare ca fracţie | Producţia cumulativă de petrol, $cm^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 0,1322 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,0 |
| 126,58 | 0,1038 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,015 | 0,015 | 14,9 |
| 284,46 | 0,0854 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,030 | 0,030 | 29,9 |
| 473,53 | 0,0726 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,045 | 0,045 | 44,8 |
| 693,71 | 0,0631 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,060 | 0,060 | 59,7 |
| 944,96 | 0,0558 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,075 | 0,075 | 74,7 |
| 1 227,26 | 0,0500 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,089 | 0,089 | 89,6 |
| 1 540,59 | 0,0453 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,104 | 0,104 | 104,5 |
| 1 884,92 | 0,0414 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,119 | 0,119 | 119,5 |
| 2 260,25 | 0,0382 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,134 | 0,134 | 134,4 |
| 2 666,57 | 0,0154 | 0,02 | 0,04 | 1,29 | 0,149 | 0,149 | 149,3 |
| 3 376,89 | 0,0149 | 0,03 | 0,04 | 1,74 | 0,176 | 0,160 | 160,1 |
| 4 180,41 | 0,0141 | 0,03 | 0,05 | 2,27 | 0,211 | 0,171 | 171,8 |
| 5 072,69 | 0,0133 | 0,04 | 0,05 | 2,90 | 0,255 | 0,184 | 184,0 |
| 6 053,87 | 0,0124 | 0,05 | 0,06 | 3,64 | 0,308 | 0,196 | 196,6 |
| 7 126,48 | 0,0115 | 0,05 | 0,06 | 4,51 | 0,373 | 0,209 | 209,5 |
| 8 294,25 | 0,0107 | 0,06 | 0,07 | 5,51 | 0,451 | 0,222 | 222,4 |
| 9 561,65 | 0,0099 | 0,07 | 0,08 | 6,67 | 0,543 | 0,235 | 235,5 |
| 10 933,69 | 0,0091 | 0,07 | 0,08 | 8,00 | 0,651 | 0,248 | 248,5 |
| 12 415,69 | 0,0084 | 0,08 | 0,09 | 9,52 | 0,778 | 0,261 | 261,6 |
| 14 013,34 | 0,0078 | 0,09 | 0,10 | 11,27 | 0,925 | 0,274 | 274,5 |
| 15 732,63 | 0,0072 | 0,10 | 0,10 | 13,25 | 1,095 | 0,287 | 287,4 |
| 17 579,95 | 0,0066 | 0,10 | 0,11 | 15,53 | 1,291 | 0,300 | 300,2 |
| 19 562,00 | 0,0061 | 0,11 | 0,12 | 18,11 | 1,515 | 0,312 | 312,9 |
| 21 685,89 | 0,0057 | 0,12 | 0,13 | 21,06 | 1,772 | 0,325 | 325,4 |
| 23 959,08 | 0,0052 | 0,13 | 0,13 | 24,42 | 2,065 | 0,337 | 337,8 |
| 26 389,85 | 0,0048 | 0,14 | 0,14 | 28,24 | 2,399 | 0,349 | 350,1 |
| 28 986,73 | 0,0045 | 0,15 | 0,15 | 32,60 | 2,777 | 0,362 | 362,2 |
| 31 759,06 | 0,0041 | 0,16 | 0,16 | 37,58 | 3,206 | 0,373 | 374,1 |
| 34 716,84 | 0,0038 | 0,17 | 0,17 | 43,26 | 3,692 | 0,385 | 385,9 |
| 37 870,87 | 0,0035 | 0,18 | 0,18 | 49,77 | 4,241 | 0,397 | 397,5 |
| 41 233,02 | 0,0033 | 0,19 | 0,19 | 57,23 | 4,861 | 0,408 | 408,9 |
| 44 816,16 | 0,0030 | 0,20 | 0,20 | 65,79 | 5,562 | 0,419 | 420,2 |
| 48 634,13 | 0,0028 | 0,21 | 0,21 | 75,66 | 6,353 | 0,431 | 431,2 |
| 52 702,72 | 0,0026 | 0,22 | 0,23 | 87,06 | 7,246 | 0,441 | 442,1 |
| 57 038,92 | 0,0024 | 0,24 | 0,24 | 100,27 | 8,256 | 0,452 | 452,9 |

$s_{pr} = 0{,}224$, viscozitatea petrolului şi a apei $\mu_p = 46{,}6$ cP, $\mu_a = 0{,}778$ cP, densităţile petrolului şi apei $\rho_p = 932$ kg/m$^3$, $\rho_a = 1\,010$ kg/m$^3$, permeabilitatea absolută $k = 558{,}1$ $D$.

Performanţele procesului de spălare cu apă realizate în cadrul acestor două experimente sînt prezentate în tabelele 1 şi 2. Ţinînd seama că mediul poros folosit a fost constituit dintr-un nisip neconsolidat bine sortat, relaţiile permeabilitate-saturaţie au putut fi aproximate prin ecuaţiile (26) şi (27), particularizate pentru $c_1 = c_2 = 1$ şi $b_1 = b_2 = 2$ [3].

Pentru calculul performanţei procesului de dezlocuire înainte de inundarea frontierei de ieşire a fluidelor din sistem, volumul de apă adimensional $\bar{V}_{ti}$, injectat în momentul inundării, a fost divizat în **10** paşi, corespunzător avansării frontului de spălare cu 10 trepte de lungime $0{,}1L$. Calculul performanţei dezlocuirii după inundare a fost efectuat în cadrul divizării intervalului $(1 - s_{pr}) \geqslant s_{ae} \geqslant s_{af}$ în 50 de subintervale egale.

Rezultatele calculelor performanţelor proceselor de spălare cu apă din cadrul celor două experimente sînt listate în tabelele 3 şi 4. Valorile debitului şi timpului de spălare au fost calculate cu formulele (10), (23) şi (21), după ce în prealabil s-au determinat valorile viscozităţii aparente medii.

Evaluarea viscozităţii aparente medii pe intervalul $s_{af} \leqslant s_{ae} \leqslant (1 - s_{pr})$ s-a realizat prin aproximarea pe cale numerică a integralei din relaţia (9). În acest scop s-au calculat valorile lui $\lambda_r^{-1}$ şi $f'_{ae}$ pentru fiecare din cele 51 de trepte ale saturaţiei $s_{ae}$. Apoi, folosind metoda trapezelor pentru valorile lui $\lambda_r^{-1}$ funcţie de $f'_{ae}$, s-a evaluat integrala din expresia (12) şi s-a ajuns, prin împărţire la $f'_{ae}$, la valorile viscozităţii aparente listate în tabelul 5.

Aproximînd prin diferenţe finite derivata $f'_{ae}$ din relaţia (31), scrisă pentru frontul de dezlocuire, se obţine ecuaţia

$$\frac{f_{af} - f_{ai}}{s_{af} - s_{ai}} =$$

$$= \frac{c_3[b_2 s_{anf}^{b_2-1}(1-s_{anf})^{b_1} + b_1 s_{anf}^{b_2}(1-s_{anf})^{b_1-1}]}{[s_{anf}^{b_2} - a(1-s_{anf})^{b_1}]^2}, \quad (33)$$

în care:

$$f_{af} = \frac{s_{anf}^{b_2}}{s_{anf}^{b_2} + a(1-s_{anf})^{b_1}}. \quad (34)$$

*Tabelul 5*

**Rezultatele calculului viscozității aparente medii**

| Saturația în apă, $s_{ae}$ | Viscozitatea aparentă, $\lambda_r^{-1}$ | Derivata fracției debitului de apă, $f'_a$ | Viscozitatea aparentă, medie, $\bar{\lambda}^{-1}$ | Volumul cumulativ adimensional injectat, $\bar{V}_t$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,7760 | 0,778 | 0,000 | 0,778 | 0,000 |
| 0,7646 | 0,806 | 0,001 | 0,792 | 1 069,544 |
| 0,7531 | 0,835 | 0,002 | 1,585 | 506,820 |
| 0,7417 | 0,866 | 0,003 | 2,388 | 319,914 |
| 0,7302 | 0,899 | 0,004 | 3,203 | 226,953 |
| 0,7188 | 0,934 | 0,006 | 4,030 | 171,562 |
| 0,7073 | 0,970 | 0,007 | 4,871 | 134,950 |
| 0,6959 | 1,009 | 0,009 | 5,726 | 109,065 |
| 0,6844 | 1,050 | 0,011 | 6,597 | 89,878 |
| 0,6730 | 1,094 | 0,013 | 7,485 | 75,154 |
| 0,6615 | 1,141 | 0,016 | 8,391 | 63,548 |
| 0,6501 | 1,190 | 0,018 | 9,317 | 54,209 |
| 0,6386 | 1,243 | 0,021 | 10,264 | 46,565 |
| 0,6272 | 1,299 | 0,025 | 11,235 | 40,223 |
| 0,6157 | 1,359 | 0,029 | 12,231 | 34,901 |
| 0,6043 | 1,424 | 0,033 | 13,255 | 30,393 |
| 0,5928 | 1,493 | 0,038 | 14,308 | 26,544 |
| 0,5814 | 1,567 | 0,043 | 15,394 | 23,234 |
| 0,5699 | 1,647 | 0,049 | 16,514 | 20,374 |
| 0,5585 | 1,733 | 0,056 | 17,673 | 17,868 |
| 0,5470 | 1,826 | 0,064 | 18,874 | 15,720 |
| 0,5356 | 1,926 | 0,072 | 20,121 | 13,823 |
| 0,5241 | 2,035 | 0,082 | 21,418 | 12,157 |
| 0,5127 | 2,153 | 0,094 | 22,770 | 10,690 |
| 0,5012 | 2,281 | 0,106 | 24,182 | 9,397 |
| 0,4898 | 2,421 | 0,121 | 25,660 | 8,256 |
| 0,4784 | 2,574 | 0,138 | 27,212 | 7,246 |
| 0,4669 | 2,742 | 0,157 | 28,846 | 6,353 |
| 0,4555 | 2,926 | 0,180 | 30,570 | 5,562 |
| 0,4440 | 3,129 | 0,206 | 32,394 | 4,861 |
| 0,4326 | 3,354 | 0,236 | 34,330 | 4,241 |
| 0,4211 | 3,603 | 0,271 | 36,392 | 3,692 |
| 0,4097 | 3,879 | 0,312 | 38,596 | 3,206 |
| 0,3982 | 4,188 | 0,360 | 40,960 | 2,777 |
| 0,3868 | 4,534 | 0,417 | 43,505 | 2,399 |
| 0,3753 | 4,922 | 0,484 | 46,257 | 2,065 |
| 0,3639 | 5,360 | 0,564 | 49,247 | 1,772 |
| 0,3524 | 5,857 | 0,660 | 52,511 | 1,515 |
| 0,3410 | 6,422 | 0,775 | 56,094 | 1,291 |
| 0,3295 | 7,068 | 0,913 | 60,049 | 1,095 |
| 0,3181 | 7,810 | 1,081 | 64,443 | 0,925 |
| 0,3066 | 8,665 | 1,286 | 69,360 | 0,778 |
| 0,2952 | 9,656 | 1,536 | 74,907 | 0,651 |
| 0,2837 | 10,810 | 1,842 | 81,217 | 0,543 |
| 0,2723 | 12,158 | 2,218 | 88,471 | 0,451 |
| 0,2608 | 13,738 | 2,679 | 96,902 | 0,373 |
| 0,2494 | 15,595 | 3,243 | 106,833 | 0,308 |
| 0,2379 | 17,777 | 3,927 | 118,709 | 0,255 |
| 0,2265 | 20,335 | 4,740 | 133,175 | 0,211 |
| 0,2150 | 23,313 | 5,680 | 151,185 | 0,176 |
| 0,2036 | 26,733 | 6,707 | 174,228 | 0,149 |

Prin rezolvarea ecuației (33) cu ajutorul metodei tangentei a rezultat pentru saturația pe frontul de dezlocuire valoarea $s_{af} = 0{,}20362$.

Viscozitatea aparentă medie $\bar{\lambda}^{-1}$, înainte de inundare, variază liniar cu volumul adimensional injectat $\bar{V}_t$. Această dependență liniară este descrisă de ecuația (18), în care:

$$\lambda_{rp}^{-1} = \frac{\mu_p}{k_{rpi}} = 46{,}6 \text{ mPa·s},$$

cu $k_{rpi} = k_{rp}(s_{ai}) = 1$.

Pentru etapa ulterioară momentului inundării sondelor s-au atribuit lui $\bar{V}_t$ valorile crescătoare din tabelul 3, preluate din tabelul 5, și s-au calculat, folosind ecuațiile (10), (23) și (24), valorile debitului de injecție $Q_t$ și ale timpului $t$. Apoi, prin interpolarea datelor ($s_{ae}$, $\bar{V}_t$) prezentate în tabelul 5, s-au determinat valorile saturației $s_{ae}$ și cele ale viscozității aparente medii $\bar{\lambda}_e^{-1}$, iar din relațiile:

$$Q_{pe} = \frac{1}{b_p} Q_t(1 - f_{ae}), \quad (35)$$

$$R_{ap} = \frac{f_{ae}}{1 - f_{ae}} \frac{b_a}{b_p}, \quad (36)$$

asociate cu ecuația (29), au rezultat valorile debitului de petrol $Q_p$ și cele ale rației apă-petrol $R_{ap}$.

Aceste calcule au fost efectuate în cadrul unui program scris în limbajul FORTRAN și rulat pe calculatorul FELIX C-512 al Centrului de calcul al Institutului de Petrol și Gaze din Ploiești.

Analizînd rezultatele experimentale și calculate, prezentate în tabelele 1; 3 și respectiv 2 și 4 se observă că:

**a** este timpul de inundare $t_i = 1\,620$ s, înregistrat în cadrul experimentului 1, este reprezentat cu o bună aproximație de timpul de inundare $t_i = 1\,552$ s obținut prin calcul; o estimare acceptabilă a timpului de inundare, pe baza calculelor, este realizată și în cadrul experimentului 2;

**b** — contrar datelor experimentale, debitul de petrol calculat scade continuu, în timp ce debitul de injecție calculat scade pînă la o valoare minimă, corespunzătoare momentului inundării sistemului, după care crește continuu;

**c** — rația apă-petrol crește mai lent în cadrul modelului analitic decît în cadrul experimentelor;

**d** — valorile producției cumulative de petrol calculate variază, în timp, mai lent decît în cazul experimentelor;

**e** — producția cumulativă de petrol finală calculată este mai mică decît cea obținută experimental;

$\hat{i}$ — producţiile finale de petrol calculate pentru cele două căderi de presiune admise sînt identice, dar corespund unor durate ale proceselor de spălare calculate diferite;

$g$ — durata totală a procesului de spălare realizat în cadrul experimentului 2 este mai mică decît cea calculată.

### Concluzii

**1.** Folosirea modelului analitic (prezentat în lucrarea [1]) pentru estimarea timpului de inundare a sistemului în cadrul unui proces de spălare unidimensională cu apă, la cădere de presiune constantă, conduce la rezultate acceptabile.

**2.** Creşterea continuă a debitului de petrol pînă în momentul inundării, pusă în evidenţă experimental, este justificată de înlocuirea treptată în sistem a petrolului cu apa de injecţie, caracterizată prin rezistenţă hidraulică la mişcarea prin mediul poros mai mică decît cea a petrolului. În acest sens, descreşterea debitului de petrol, calculat în perioada cuprinsă între iniţierea procesului şi inundarea sistemului, nu poate fi motivată nici chiar prin particularităţile sistemului rocă-lichid (aşa cum se încearcă în lucrarea [1]).

**3.** Cantitativ, performanţele procesului de spălare obţinute prin calcul pot fi afectate de faptul că în cadrul calculelor s-au folosit relaţiile permeabilitate-saturaţie aproximative, corespunzătoare unui mediu poros neconsolidat şi bine sortat. Utilizarea şi a altor relaţii permeabilitate-saturaţie a indicat o sensibilitate pregnantă a modelului analitic faţă de aceste relaţii.

#### Bibliografie


[1] Wilhite, G. P. *Waterflooding*. Society of Petroleum Engineers, Richardson, Texas, 1986.

[2] Buckley, S. E., Leverett, M. C. *Mechanism of Fluid Displacement in Sands*. Trans AIME, 146, 1942.

[3] Crețu, I. *Hidraulica zăcămintelor de hidrocarburi*. Vol. 1, 2, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1987.


# Fundamentele protecţiei antiexplozive şi zonarea mediilor cu pericol de explozie (III)


Prof. dr. ing. **A. Pavel**

Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti


## 3. Criterii privind stabilirea pericolului de explozie

Exploziile pot surveni ori de cîte ori sînt îndeplinite — concomitent — următoarele condiţii [2]:

**a.** Substanţele combustibile să prezinte un *grad înalt de dispersie*; la ceţuri şi prafuri/pulberi, gradul de dispersie poate să constituie o cauză suficientă pentru declanşarea unei explozii, dacă dimensiunile picăturilor, respectiv ale particulelor solide, sînt de ordinul a cel mult pînă la 1 mm; multe dintre ceţurile de aerosoli sau/şi prafurile/pulberile care se întîlnesc în practică au dimensiuni de ordinul 0,100...0,001 mm; în cazul substanţelor în stare gazoasă sau sub formă de vapori, evident, gradul de dispersie corespunde naturii lor.

**b.** *Concentraţia* substanţelor combustibile să se afle în limitele de explozie; se cunoaşte că explozia devine posibilă atunci cînd concentraţia în aer a unei substanţe combustibile, suficient de dispersată, depăşeşte o anumită valoare limită (limita de explozie *inferioară*→pragul inferior de explozie) şi nu mai poate avea loc atunci cînd aceeaşi concentraţie trece de o anumită valoare maximă (limita de explozie *superioară*→pragul superior de explozie); limitele de explozie se modifică în alte condiţii decît cele atmosferice, domeniul dintre ele lărgindu-se, de obicei, cu creşterea temperaturii şi presiunii amestecului; în circumstanţele amestecurilor cu oxigen, limitele superioare de explozie sînt net deasupra celor corespunzătoare amestecurilor cu aer; unele substanţe chimice (acetilena, oxidul de etilenă etc.) instabile, în anumite condiţii determinate, nu au o limită de explozie superioară, ele putînd ajunge la reacţii exoterme şi, deci, la aprindere chiar în absenţa aerului sau a oxigenului; deasupra unui *lichid* combustibil, formarea amestecului exploziv este posibilă numai dacă temperatura depăşeşte o valoare minimă; concentraţia de *praf/pulbere* putînd fi modificată mult prin depuneri sau prin antrenarea depunerilor, limitele de explozie corespunzătoare nu au aceeaşi semnificaţie ca la gaze şi vapori; astfel, formarea de atmosferă explozivă este posibilă prin antrenarea (turbionarea) prafului (pulberii) depus(e) sau, pe de altă parte, prin depunerea numai parţială a unei cantităţi de praf/pulbere, cînd concentraţia sa se află deja deasupra limitei superioare de explozie; prin urmare, în condiţiile depunerii de praf(pulbere) combustibil(ă), pericolul de explozie este *permanent*.

**c.** Cantitatea de amestec exploziv să fie *periculoasă* la momentul dat; se consideră ca

iind periculoasă o atmosferă compactă explozivă de minimum 10 l, într-o incintă (încăpere) închisă, indiferent de mărimea acesteia.

**d.** Sursa de aprindere *să existe* și, totodată, să fie *eficientă*; în general, sursele de aprindere (v. § 2) nu sînt detectate ca atare, iar efectul lor se subapreciază; eficacitatea surselor respective și, deci, capacitatea acestora de a aprinde depind de energia lor disponibilă și de proprietățile atmosferei explozive; în alte condiții decît cele atmosferice, proprietățile esențiale de aprindere ale amestecului exploziv se modifică (astfel, în cazul amestecurilor îmbogățite cu oxigen, energia minimă de aprindere se micșorează exponențial).

Eliminînd sau suprimînd unul — oricare — dintre factorii **a**...**d** se exclude, practic, riscul producerii de explozii.

Aprecierea pericolului de explozie trebuie făcută, practic, pornindu-se de la premisa că un amestec exploziv *se poate aprinde în orice moment* și aceasta indiferent de existența sau inexistența sursei de aprindere*).

Posibilitatea apariției sau formării unei atmosfere explozive în incinta instalației analizate sau în interiorul aparatelor tehnologice se evaluează considerîndu-se:

● proprietățile substanțelor, și anume:

— *pentru lichide*: temperatura (punctul) de inflamabilitate, respectiv pragul (punctul) inferior de explozie și presiunea de saturație a vaporilor la temperaturile de prelucrare;

— *pentru prafuri/pulberi*: granulația (granulometria), densitatea, umiditatea și temperatura de mocnire;

— *pentru toate substanțele*: limitele inferioară și superioară de explozie, respectiv concentrația în %vol. pentru gaze/vapori și în g/m³ pentru prafuri/pulberi;

● starea de prelucrare a substanțelor, respectiv:

— *pentru lichide și cețuri*: modul de prelucrare pentru lichide (dispersare, șpriițuire sau rupere de jet, evaporare, condensare); temperatura (maximă și, eventual, minimă) de prelucrare; atunci cînd temperatura de prelucrare se află deasupra punctului de inflamare al *lichidului* sau imediat sub acesta (cu pînă la 5 grd), respectiv deasupra punctului inferior de explozie, generarea de amestecuri explozive vapori-aer se consideră iminentă; dacă, însă, temperatura se află suficient de mult sub punctul de inflamare (de regulă, cu mai mult decît 5 grd), atunci nu se mai poate forma o atmosferă explozivă, cu excepția cazurilor dispersiei de picături foarte fine (de ex. prin pulverizare sau atomizare); în condițiile *ceților*, presiunea de vapori a lichidului poate crește, aducînd proprietățile periculoase ale amestecului ceață-aer pînă la cele ale unui amestec de vapori-aer;

— *pentru prafuri/pulberi*: dacă există sau se formează amestecuri de praf(pulbere)-aer sau depuneri de praf-pulbere (ca la măcinare, cernere, transport, umplere, golire, uscare etc.);

— *pentru toate substanțele*: concentrația maximă (și, eventual, minimă) de substanțe combustibile, formată ca atare sau existentă în timpul prelucrării.

Cantitatea de atmosferă explozivă, care poate să existe ca atare sau să se formeze în condițiile de lucru date, și locurile unde aceasta poate să apară se stabilesc în funcție de:

**a.** Proprietățile substanțelor (în afară de cele menționate anterior) și anume:

— *pentru lichide*: viteza de evaporare (egală cu 1 pentru eter, ca substanță de referință);

— *pentru gaze și vapori*: densitatea relativă față de aer (care este un așa-zis *număr pur*, reprezentînd raportul dintre masa unui anumit volum din gazele sau vaporii care se nominalizează și masa aceluiași volum de aer, bineînțeles, în aceleași condiții de temperatură și presiune) și, uneori, coeficientul de difuziune; de regulă (cu excepția acetilenei, etilenei, amoniacului, acidului cianhidric, oxidului de carbon, metanolului, hidrogenului ș.a.), densitatea gazelor și vaporilor este mai mare decît cea a aerului; prin urmare, cu cît gazele/vaporii sînt mai grele(i), cu atît se coboară mai repede, amestecîndu-se continuu cu aerul disponibil; așadar, numai prin acțiune gravitațională, nu se mai poate face o separare a amestecului format din componenți grei și ușori; gazele grele coboară și se împrăștie, dar ele se pot prelinge și la distanțe mai mari, unde — eventual — pot întîlni o sursă de aprindere; gazele mai ușoare (decît aerul) se urcă cu atît mai repede, cu cît densitatea lor este mai mică, amestecîndu-se din ce în ce cu mai mult aer; coeficientul de difuziune se poate valorifica drept mărime determinantă (privind cantitatea de atmosferă explozivă) numai dacă, în incintă (încăpere, spațiu tehnologic etc.), nu există curenți de convecție mai pronunțați.

Notă. Se va ține seama că densitatea unui amestec de vapori/aer, care se formează deasupra unui lichid, este limitată întotdeauna de presiunea de saturație a lichidului dat la temperatura de lucru. Spre exemplificare (după [2]), se consideră densitatea hexanului, raportată la cea a aerului (raportul/simplexul densităților), egală cu $\bar{\rho}_1 = 2{,}97$. Cum, însă, presiunea parțială a hexanului la 20°C și $p_0 = 1$ bar (abs.) nu este decît $p_1 = 0{,}16$ bar, densitatea $\bar{\rho}$ a amestecului vapori-aer, format deasupra lichidului, se calculează cu formula clasică:

$$\bar{\rho} = \bar{\rho}_1 p_1 + (p_0 - p_1), \qquad (2)$$

rezultînd:

$$\bar{\rho} = 2{,}97 \cdot 0{,}16 + (1 - 0{,}16) = 1{,}315.$$

**b.** Condițiile locale de exploatare, respectiv:

— *pentru lichide*: mărimea suprafeței de evaporare temperatura de prelucrare și pulverizare (atomizare) sau stropirea lichidului;

*) Caracteristicile tehnice de siguranță, valabile pentru o anumită atmosferă explozivă, se pot afla la Centrul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectări pentru Securitate Minieră (C.C.I.T.P.S.M.) — Petroșani.

— *pentru gaze/vapori* : cele mai slabe mișcări (tirajul natural, circulația oamenilor, convecția termică etc.) pot accelera foarte sensibil amestecarea cu aerul;

— *pentru prafuri (pulberi)* : formarea depunerilor de praf (pulberi), în special pe suprafețele orizontale sau puțin înclinate și, corespunzător, antrenările de praf (pulbere);

— *pentru toate substanțele* : modul de manipulare — în aparatură închisă etanș (la gaze/vapori, lichide sau praf/pulbere) sau deschisă (cazurile de alimentare și golire); posibilitatea scăpării de substanțe la armăturile de tip robinet, îmbinări (în special cele demontabile — prin flanșe etc.) ș.a.; ventilația de introducere și de evacuare, precum și alte aspecte constructive și funcțional-tehnologice privind spațiul disponibil; prezența de substanțe sau de amestecuri combustibile, mai ales în locurile lipsite de ventilație sau neventilate ori greu ventilabile (gropi, canale, puțuri, boxe ș.a.).

Pentru a evalua a priori efectele unei posibile explozii, se admite că atmosfera explozivă periculoasă, care se poate forma în circumstanțe date, *este pasibilă de explozie*, cantitatea periculoasă de amestec exploziv urmînd a se preciza în funcție de:

- Proprietățile substanțelor (pe lîngă cele menționate anterior), care, *pentru toate substanțele*, sînt: presiunea maximă de explozie, viteza de creștere a presiunii de explozie și limitele (sau tendința) de detonare.
- Condițiile locale de exploatare, respectiv, (*pentru toate substanțele*) cantitatea de atmosferă explozivă și modul cum se prezintă atmosfera dată (explozivă) — în recipiente/rezervoare, în incinte mai mult sau mai puțin închise, în gropi, în canale, în aer liber etc.; o cantitate de peste 10 l de atmosferă explozivă, în stare compactă, aflată în incinte (încăperi) închise, trebuie considerată — în oricare împrejurare și indiferent de mărimea incintei (spațiului, încăperii) — ca constituind o atmosferă explozivă *periculoasă*; cînd în imediata apropiere se găsesc oameni și alte ființe vii, de asemenea în încăperile cu un volum sub 100 m$^3$, chiar și cantități de atmosferă explozivă mai mici decît 10 l pot fi considerate *periculoase*; într-un mod aproximativ și empiric, aprecierea cantității periculoase de atmosferă explozivă se face prin împărțirea la 10 000 a volumului total, în m$^3$, al incintei, încăperii etc. (de exemplu, pentru o încăpere de $V_0 = 80$ m$^3$, chiar și atmosfera explozivă de $V_e = 80/10\,000 = 0{,}008$ m$^3$ = 8 dm$^3$ = 8 l este *periculoasă*; bineînțeles, de aici rezultă că nu tot spațiul încăperii este periclitat de explozie, ci numai partea din încăpere în care se poate forma atmosfera explozivă cu $V_e = 8$ l; în aproape toate cazurile practice de *prafuri/pulberi* combustibile, o depunere uniformă pe pardoseală, avînd o grosime mai mică de 1 mm, este suficientă ca — prin antrenare — să umple un spațiu de înălțime normală cu un amestec exploziv de praf/pulbere-aer; cantitatea de amestec exploziv, care trebuie considerată *periculoasă în aer liber*, se poate evalua — practic — numai de la caz la caz; cînd atmosfera explozivă privește interiorul unui recipient/rezervor care n-ar putea rezista mecanic la presiunea de explozie și/sau la acțiunea fragmentelor (schijelor) formate, se vor considera cantități de amestec exploziv mai mici decît cele indicate, evident, pentru a se preveni efectele distructive; indiferent de alternativă, o cantitate *limită inferioară* de amestec exploziv nu poate fi precizată.
- Propagarea flăcărilor; după aprinderea unei atmosfere explozive, flăcările care se nasc pot cuprinde un volum de zece ori mai mare decît cel inițial al atmosferei explozive; prin urmare, cînd explozia se va putea propaga într-o anumită direcție, va trebui să se ia în considerație *riscul flamei de detonație*; trecerea exploziei în detonație este posibilă în recipientele lungi și în conducte (v. subcapitolul 5.2 în [23]), efectele distructive ale undelor de detonație fiind deosebit de puternice pentru obstacolele întîlnite; în jurul atmosferei explozive, este posibilă chiar distrugerea unor părți de instalație, utilaje, clădiri, alte construcții etc.; oricum, explozia poate genera avarii (cu sau fără accidente), iar acestea pot implica scăpări de gaze, deteriorări sau distrugeri de utilaje aflate în preajmă etc., ceea ce poate cauza alte explozii sau incendii ș.a.m.d.

## 4. Zonarea mediilor cu pericol de explozii

### 4.1. *Generalități*

Zonarea mediilor cu pericol de explozie este necesară și utilă în vederea stabilirii *categoriei* zonelor periculoase și aceasta în funcție de posibilitățile *prezenței* unui anumit amestec exploziv, în circumstanțe de funcționare *normală* a instalațiilor tehnologice, respectiv în scopul alegerii, depozitării și utilizării *adecvate* a substanțelor și materialelor care pot constitui surse de aprindere.

În context, funcționarea *normală* nu înseamnă funcționare „ideală" sau „perfectă", deoarece, în realitatea activității industrial-tehnologice, pot apare și situații *nedorite*, așa-zise „anormale", generatoare de atmosfere explozive de gaze, vapori, cețuri de/și lichide inflamabile, prafuri/pulberi sau scame și fibre combustibile.

Conceptul de „normal" se aplică, în lucrarea prezentă, cu referire la o stare *efectivă* sau *reală*

a condiţiilor existente într-o instalaţie tehnologică, adică la starea de funcţionare *proiectată* sau *prevăzută*; totodată, el mai reflectă stadiul de mentenabilitate (întreţinere etc.), obţinut sau realizat la un moment dat, limitele estimate pentru mediul înconjurător şi pentru operaţiile sau practicile obişnuite de funcţionare/exploatare etc. Evident, atunci cînd este vorba de instalaţii moderne vehiculînd substanţe combustibile, materiale inflamabile etc., obiectivul principal al proiectării, mentenanţei şi metodologiilor de operare îl constituie asigurarea unei funcţionări/exploatări fără scăpări de substanţe. De regulă, funcţionarea *corectă* se garantează prin: dispunerea adecvată a utilajelor, prevederea unei ventilaţii speciale, supravegherea atentă şi continuă, asociată cu controlul corespunzător; mentenanţa preventivă şi corectivă etc. Se cunoaşte, însă, că, întotdeauna, există riscurile şi, deci, posibilitatea formării unor amestecuri explozive.

Conceptul de „anormal" nu are în vedere o stare deosebit de gravă sau catastrofală, de speţa exploziei unui aparat/recipient tehnologic sau a unei conducte de mare diametru, ci se referă la situaţii intermediare, *nedorite* dar previzibile, de tipul celor create prin cedarea unei garnituri la îmbinările prin flanşe, defectarea cutiei de etanşare (presgarniturilor, presetupei, şuruburilor etc.) la o pompă, pierderea controlului la purjarea unui rezervor/recipient şi, deci, scurgerea accidentală a unei cantităţi mici de lichid inflamabil, ruperea unei ramificaţii nesemnificative de conductă ş.a.m.d. Asemenea situaţii nedorite pot fi evitate prin proiectare, execuţie-montare şi mentenanţă corectivă corespunzătoare, pe de o parte, sau pot fi detectate şi remediate în cel mai scurt timp posibil, prin acţiuni de mentenanţă preventivă, pe de altă parte.

La elaborarea documentaţiei tehnice de zonare se iau în consideraţie avariile *previzibile*, din categoria cărora fac parte cele datorite abaterilor tehnologice prognozabile, menţionate ca atare în proiecte, dar şi cele cauzate de întreruperile accidentale de energie electrică sau termică, abur, gaze şi apă. Nu se vor lua în consideraţie avariile *imprevizibile*, datorite dereglărilor cauzate prin nerespectarea prescripţiilor tehnologice, executarea greşită de operaţii, folosirea de materiale necorespunzătoare, realizarea de montaje eronate, executarea nesatisfăcătoare a acţiunilor de mentenanţă etc., dar şi cele cauzate în circumstanţele unor calamităţi naturale (inundaţii, alunecări sau prăbuşiri de teren, vijelii, furtuni, seisme etc.).

Practic, zonarea mediilor cu pericol de explozie se aplică în scopul stabilirii limitelor pericolelor de explozii în incinte închise sau deschise, în care — prin natura procesului tehnologic — se vehiculează, se prelucrează, se produce, se depozitează, se transportă sau se manipulează substanţe implicînd formarea cu aerul, în anumite condiţii, de amestecuri explozive, precum şi la proiectarea, executarea, exploatarea şi întreţinerea-mentenanţa instalaţiilor, prevăzîndu-se măsuri tehnico-organizatorice vizînd diminuarea riscurilor în exploatare. Orice modificare, materializată într-o instalaţie tehnologică (sau de alt tip) cu pericol de explozie, necesită *reexaminarea* imediată a documentaţiei tehnice de zonare şi adoptarea neîntîrziată a *corecţiilor* care se impun în mod automat.

4.2. *Clasificarea zonelor periculoase*

În alternativa mediilor în stare de *gaze, vapori, ceţuri şi lichide inflamabile*, clasificarea zonelor periculoase, fundamentată pe experienţa industrial-tehnologică [2], se face — de regulă după următoarele metode mai semnificative:

- *metoda sursei de pericol*, bazată pe determinarea cantitativă a riscului, ceea ce îi conferă precizie şi economicitate, ajungîndu-se la o clasificare reprezentativă;
- *metoda generalizată*, bazată exclusiv pe experienţa tehnologului, ceea ce nu împiedică să fie utilizată foarte frecvent, ea abordînd pericolul în general.

În alternativa mediilor în stare de *praf/pulbere, scame sau fibre combustibile*, clasificarea zonelor periculoase are în vedere numai o *metodă generalizată*, bazată pe studiu şi experienţă, deoarece: a) norul combustibil poate apare nu numai ca rezultat al evacuării prafului(pulberii)/scamelor(fibrelor) din componentele instalaţiei, ci şi în urma ridicării depunerilor din jur, respectiv b) suprafaţa de împrăştiere a norilor combustibili nu poate fi imediat apreciată.

4.2.1. Clasificarea prin metoda sursei de pericol

Analizînd fiecare punct în care se pot degaja substanţe combustibile/inflamabile, în cantităţi care să permită formarea unor amestecuri explozive, metoda sursei de pericol urmăreşte: a) să atenueze maniera arbitrară de conturare a zonelor şi b) să obţină şi, deci, să furnizeze un rezultat cantitativ reprezentativ, concludent. În funcţie de riscul pe care îl implică şi de frecvenţa cu care apare, metoda în discuţie distinge următoarele *surse de pericol*:

- *sursele permanente sau continue* (caracteristice pentru delimitarea zonei „zero")→cu degajări îndelungate, apreciate — prin cumulare (deci în totalitate) — la durate de peste 1 000 h/an;
- *sursele primare* (caracteristice pentru delimitarea zonei „unu")→cu degajări frecvente, dar intermitente şi relativ persistente, apreciate — de asemenea prin cumulare — la durate totale de 10...1 000 h/an;
- *sursele secundare* (caracteristice pentru delimitarea zonei „doi")→cu degajări care nu sînt frecvente şi numai de scurtă durată, apre-

ciate — tot prin cumulare — la durate totale mai mici decît 10 h/an.

Evident, apariţia zonei „0" este posibilă numai în limitele conturului zonei „1", iar zonele „1" sînt ca nişte insule în cîmpul zonelor „2".

**Zona „zero", respectiv zona „0".** Această zonă are în vedere mediile în care pericolul de explozie există în mod permanent sau pentru durate foarte îndelungate, în condiţii normale de funcţionare/exploatare, ca, de exemplu, cele din interiorul aparatelor tehnologice în care se menţine un amestec de aer-(gaze, vapori, ceaţă, praf/pulbere sau scame) → vase de reacţie, evaporatoare sub depresiune, rezervoare atmosferice, transport pneumatic, filtre pentru prafuri/pulberi combustibile, uscătoare cu strat fluidizat pentru substanţe combustibile etc.

**Zona „unu", respectiv zona „1".** În această zonă, amestecurile explozive pot exista : a) în mod intermitent sau periodic, în condiţii normale de funcţionare/exploatare şi b) în mod frecvent, datorită lucrărilor de mentenanţă sau din cauza neetanşeităţilor. Zona „1" mai include şi cîmpurile în care o avarie sau funcţionarea/exploatarea neconformă, greşită, a instalaţiilor tehnologice poate implica formarea de amestecuri cu pericol de explozie, asociată cu existenţa simultană (datorită avariei) a unei surse potenţiale de aprindere. De obicei, în această zonă sînt cuprinse (înscrise în perimetrul mai apropiat din jurul zonei „0") : spaţiile din jurul gurilor de alimentare, dispozitivelor de umplere şi golire, aparatelor sau conductelor uşor deteriorabile din sticlă, ceramică etc., cutiilor de etanşare imperfecte (cazul pompelor şi robinetelor cu sertar) etc. ; spaţiile în care lichidele volatile, cele inflamabile sau gazele lichefiate inflamabile sînt transvazate dintr-un recipient în altul ; interiorul cabinelor şi spaţiilor din imediata lor apropiere, în care se efectuează operaţii de pulverizare (atomizare) şi de vopsire, folosindu-se solvenţi volatili inflamabili ; spaţiile cu rezervoare sau vase deschise care conţin lichide inflamabile ; încăperile sau compartimentele de uscare-evaporare a solvenţilor inflamabili ; locurile cu aparate de extracţie a grăsimii şi uleiului care folosesc solvenţi volatili inflamabili; camerele generatoare de gaze ş.a.

**Zona „doi", respectiv zona „2".** Cuprinzînd spaţiile care înconjoară zonele „0" şi „1", de fapt, această zonă este locul în care :

- lichidele volatile inflamabile şi gazele inflamabile sînt păstrate, manipulate, prelucrate, depozitate etc. în vase/recipiente etanşe sau sisteme închise şi de unde ele pot scăpa numai în caz de spargere/plesnire accidentală sau avariere a acestora din urmă, respectiv de funcţionare anormală a echipamentului ;
- concentraţiile periculoase de gaze/vapori sînt, în mod normal, împiedicate a se forma şi aceasta printr-o ventilaţie mecanică pozitivă; concentraţiile respective pot deveni periculoase, însă, datorită unor opriri sau unei funcţionări anormale ale echipamentului de ventilaţie ;
- fiind învecinate cu zonele „1", concentraţiile periculoase de gaze/vapori pot pă-

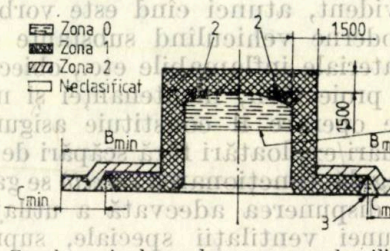



Fig. 5. Zonele periculoase la rezervoarele cilindrice verticale de tip standard (cu capac fix) pentru hidrocarburi lichide [2]: *1* — oglinda lichidului depozitat ; *2* — gurile (de vizitare, de lumină, de aerisire etc.) ale rezervorului ; *3* — digul rezervorului.

| Capacitatea nominală a rezervorului, în m³ | Dimensiunile minime, în mm | |
|---|---|---|
| | $B_{min}$ | $C_{min}$ |
| < 50 | 5,0 | 2,5 |
| 50 . . . 100 | 7,5 | 5,0 |
| 100 . . . 1000 | 7,5 . . . 15,0 | 7,5 |
| > 1000 | 15,0 | 10,0 |

Notă. Datele corespund lichidelor inflamabile cu punct de inflamabilitate sub 28°C şi acelora cu punct de inflamabilitate mai mare, cînd temperatura de depozitare ar putea depăşi punctul de inflamabilitate.

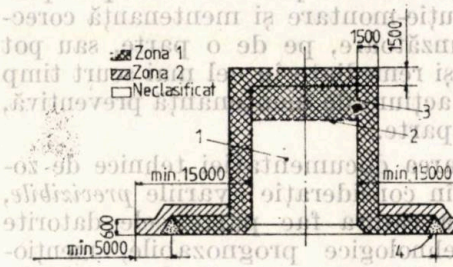



Fig. 6. Zonele periculoase la rezervoarele cilindrice verticale cu capac mobil (flotant) [2]: *1* — lichidul inflamabil (cu temperatura de inflamabilitate întotdeauna sub 28°C); *2* — capacul plutitor; *3* — sistemul de etanşare periferică al capacului.

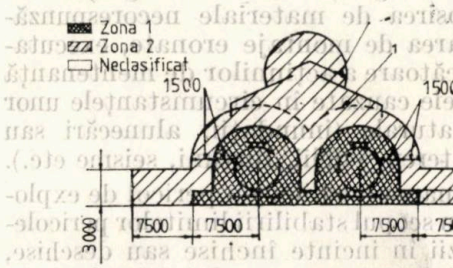



Fig. 7. Zonele periculoase la rampele de încărcare-descărcare a lichidelor (hidrocarburilor lichide) volatile inflamabile [2]: *1* — limita z o n e i 2 atunci cînd nu există acoperiş

trunde ocazional, cu excepția cazurilor cînd penetrarea respectivă este oprită printr-o ventilație corespunzătoare, cu o instalație sigură și continuă care asigură o suprapresiune de aer curat.

Extinderea dimensională a zonelor cu pericol de explozie *clasificate* (0, 1 și 2) va corespunde prescripțiilor detaliate în îndreptarul [2] și în alte lucrări de specialitate [14, 16—21], în figurile 5—8 prezentîndu-se cîteva exemple reprezentative.

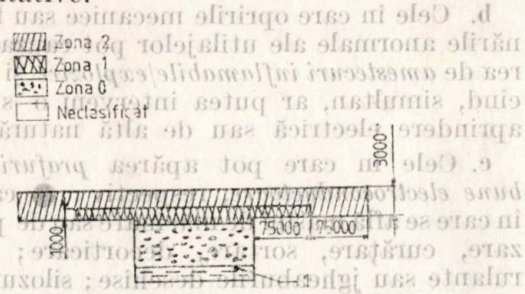



Fig. 8. Zonele periculoase la un separator deschis pentru produse petroliere [2]:
1 → suprafața (oglinda) lichidului.

Notă. Dimensiunile indicate corespund și pentru bazinele de șlops.

4.2.2. Clasificarea prin metoda generală → generalizată

Cînd datele corespunzătoare lipsesc, respectiv cînd nu se pot indentifica și, deci, grupa/clasifica sursele de pericol dintr-o incintă, instalație, platformă, zonă etc., zonarea mediilor cu pericol de explozie se fundamentează pe *metoda* generală sau *generalizată*. De regulă, studiul de fundamentare are în vedere un sector mai mare al incintei, instalației, platformei zonei etc. (de unde și denumirea de generală → generalizată), se susține prin criterii arbitrare sau subiective (bazate pe experiență → empirice) și încadrarea se face astfel:

— în zona „0" sau în zona „1" → dacă pericolul se interpretează ca fiind *mare*;

— în zona „2" → dacă pericolul se interpretează ca fiind *mic*.

Așadar, metoda generală → generalizată, de altfel frecvent aplicată și avînd ca obiectiv o zonare amplă, *generală*, se folosește atunci cînd există incertitudini privind gradul de periculozitate, zonarea corespunzătoare fiind întotdeauna exagerată ca extindere.

4.2.3. Clasificarea spațiilor cu praf/pulbere și/sau cu scame

Clasificarea se extinde asupra tuturor incintelor, instalațiilor, platformelor, zonelor etc. în limitele cărora se vehiculează *prafuri/pulberi și/sau scame combustibile*, principiile valorificate fiind similare celor cunoscute din clasificările anterioare (§§ 4.2.1,2) referitoare la gaze, vapori lichide și cețuri combustibile. Dar, comportarea prafurilor/pulberilor și/sau scamelor combustibile nu este de aceeași speță. Atunci cînd scapă în atmosferă, ele se dispersează în aer sub formă de *nor*, împrăștiindu-se mult ca urmare a deplasărilor implicate de curenții de aer. Or, un nor de praf/pulbere sau de scame combustibile, cu concentrații în limitele corespunzătoare de aprindere/explozie, poate fie să se aprindă, fie — în alternativa incintelor închise — să explodeze. Desigur, un amestec ușor, față de cel greu, se menține în suspensie o durată mai îndelungată, însă, oricum, în extremis ambele amestecuri se vor depune pe diferite suprafețe sub forma unor *straturi* în nemișcare. Dacă suprafețele respective sînt sau devin fierbinți ori dacă se implică o altă sursă de aprindere, atunci straturile de praf/pulbere sau de scame combustibile vor prezenta un *risc permanent* de inflamare și incendiere/explozie, evident, amploarea evenimentului depinzînd de caracteristicile de ardere ale substanței respective.

Aprinzîndu-se, prafurile/pulberile și scamele combustibile, depuse în strat, propagă arderea fie sub formă de flacără deschisă, fie sub formă mocnită, aceasta din urmă fiind caracteristică pentru depunerile în cantități mari. Uneori, arderea în strat încetează repede, blocîndu-se, alteori ea continuă lent pe durate mai mult sau mai puțin îndelungate.

Cei mai semnificativi indicatori ai pericolului de explozie, atunci cînd referirea se face la norii sau straturile de praf/pulbere și scame, sînt următorii (v. § 1): ● temperatura de aprindere; ● energia minimă de aprindere; ● stabilitatea termică a substanței și ● limita inferioară de explozie (v. anexa 5 în [2]). Valorile acestor indicatori sînt dependente, însă, de*):

— în cazul depunerilor în *straturi de prafuri/pulberi*: concentrație, grosimea stratului, temperatura suprafeței de suport, temperatura mediului înconjurător și umiditatea aerului; concentrațiile periculoase sînt de ordinul a 10...60 g/m³, însă, de regulă, măsurarea concentrațiilor este dificilă, ele variind deosebit de mult de la un loc la altul; temperatura de aprindere poate deveni mai coborîtă cu creșterea grosimii stratului, cu extinderea duratei de expunere (în multe cazuri) pe suprafețe fierbinți și, de asemenea, cu degradarea calitativă a prafului/pulberii;

— în cazul *norilor de praf/pulbere sau de scame*: conținutul de solvenți, finețea particulelor sau scamelor și distribuția lor în ansamblul norului; temperatura de aprindere, corespunzătoare — pentru o substanță dată — unui nor de praf/pulbere, este mai coborîtă în condițiile

*) Pentru detalii și concretizare, se pot consilia experții de la C.C.I.T.P.S.M. — Petroșani (R. S. România).

unei proporții mai accentuate de particule mici, față de cea revenind proporțiilor dominante de particule mari.

Norii de prafuri/pulberi și scame combustibile se pot forma nu numai ca rezultat al evacuărilor tehnologice, ci și ca urmare a ridicării — prin trepidație, zguduire, vibrare etc. a — prafului/pulberii sau scamelor care constituie depunerile din jurul sistemului avut în vedere. Cum extinderea și, deci, suprafața, volumul etc. acestor nori nu se pot aprecia în mod spontan, pentru clasificarea zonelor periculoase se recomandă reținerea *metodei generale→generalizate* (§ 4.2.2. — pentru gaze, vapori, cețuri și lichide inflamabile). Uneori, însă, în cazuri nominalizate, se poate folosi — în plus — și *metoda sursei de pericol* (§ 4.2.1). Pentru ambele alternative, efectuarea clasificării necesită : 1) identificarea tuturor zonelor (de interior și de exterior) în care praful/pulberea sau scamele combustibile pot exista ; 2) stabilirea probabilității (riscului) de apariție a unei atmosfere periculoase (inflamabile etc.) ; 3) delimitarea zonală, bineînțeles, cu luarea în considerație a deplasărilor datorite (efectelor) curenților de aer și a zonărilor adiacente.

Potrivit *metodei generale→generalizate* de clasificare a spațiilor (domeniilor) cu praf/pulbere și/sau scame combustibile, se deosebesc două zone de pericol și anume : ● zona „zece" sau zona „unu-zero", respectiv zona „10" și ● zona „unsprezece" sau zona „unu-unu", respectiv zona „11".

**Zona „10".** Această zonă se referă la atmosfera explozivă de praf/pulbere și ceață care — în condiții normale de funcționare/exploatare — poate să apară frecvent sau pentru perioade îndelungate de timp. Bineînțeles, este vorba în primul rînd de incinta interioară a aparatelor tehnologice (mori, uscătoare, amestecătoare, conducte transportatoare, silozuri etc.) cu amestecuri explozive persistente sau frecvent în cantități periculoase.

O concentrație de praf/pulbere combustibil(ă) peste limita inferioară de explozie poate forma o atmosferă aproape fără vizibilitate și impropice pentru prestare de activitate umană. Din fericire, în circumstanțe de funcționare/exploatare normală, asemenea situații nu este probabil să apară pe suprafețe mari. În anumite operații tehnologice (care trebuie identificate), însă, executate manual sau mecanic, formarea unor medii explozive nu este a priori exclusă, dar este — practic — imposibil ca acestea să se răspîndească pe mai mult de 1 m peste zona din vecinătate. Ca urmare, în incintele în care se manipulează prafuri/pulberi combustibile, clasificarea de *zonă „10"* se va aplica — de obicei — numai pentru spații (suprafețe) mici. Cînd, însă, o anumită incintă (mai ales de interior) conține cîteva zone „10" *locale*, este mai potrivit — evident, din punct de vedere practic — ca întreaga incintă dată să fie clasificată ca zonă „10".

De regulă, spațiile, incintele, locurile etc. clasificabile ca zonă „10" sînt următoarele [2] :

**a.** Cele în care — în condiții normale de funcționare/exploatare — praful/pulberea sau scamele combustibile sînt sau pot fi în *suspensie în aer*, în cantități suficiente pentru a se putea iniția aprinderea sau explozia și în mod continuu intermitent sau periodic.

**b.** Cele în care opririle mecanice sau funcționările anormale ale utilajelor pot cauza formarea de *amestecuri inflamabile/explozive* și aceasta cînd, simultan, ar putea interveni o sursă de aprindere electrică sau de altă natură.

**c.** Cele în care pot apărea *prafuri/pulberi bune electroconductoare*, respectiv : ● camerele în care se află mașini de măcinare sau de pulverizare, curățare, sortare, decorticare ; benzile rulante sau jgheaburile deschise ; silozurile sau vasele colectoare deschise ; mixerele ; mașinile automate de cîntărire ; mașinile de ambalare ; capetele și canalul elevatoarelor și distribuitoarelor de produse ; colectoarele de produse și de praf/pulbere (mai puțin cele în execuție mecanică, scoase în exterior) ; toate componentele și utilajele care produc praf/pulbere în instalațiile de producere a amidonului ; instalațiile de pulverizare a zahărului, instalațiile de măcinare a finului, secțiile cu praf de lemn și alte incinte (încăperi) cu destinație similară ; punctele de golire și de umplere ale sacilor și spațiile pentru vehiculat pudră ; spațiul interior al unor conteinere etc. ; ● instalațiile de pulverizare a cărbunelui (cu excepția locului unde echipamentul de pulverizare este etanș față de praf/pulbere) ; ● oricare spațiu de lucru în care prafurile/pulberile de metal sînt, ca atare, produse, prelucrate, manipulate, ambalate sau depozitate (cu excepția unor recipiente etanșe) ; ● oricare alte spații în care praful/pulberea/pudra combustibil(ă), în condiții normale de exploatare/funcționare, poate fi prezent(ă) — în cantități suficiente pentru a constitui amestecuri de aprindere sau explozive — în aer*).

**d.** Cele care implică prezența prafurilor/pulberilor/pudrelor electric neconductoare, cum sînt : prafurile/pulberile formate la manipularea și prelucrarea cerealelor și a produselor din cereale ; pudra de zahăr și de cacao pulverizată ; prafurile uscate de ouă și de lapte ; prafurile de condimente pulverizate și de amidon ; pudra de paste făinoase și făina de cartofi ; praful de lemn, de făină produsă din fasole, de semințe

*) Prafurile/pulberile *nemetalice*, bune electroconductoare, sînt cele *pulverizate* de cărbune (fosil), cocs și mangal. Prafurile/pulberile *metalice* de magneziu, de aluminiu și de bronz de aluminiu sînt deosebit de periculoase, impunîndu-se soluții corespunzătoare pentru evitarea aprinderii/exploziei lor [2].

și de fin uscat; produsele pulverulente rezultate în instalațiile de prelucrare a lemnului, din prelucrarea materialelor (maselor) plastice, de la uscarea și măcinarea pigmenților organici, a medicamentelor și a altor materiale/substanțe organice etc.

**Zona „11".** În mod *normal*, spațiile clasificate în această zonă sînt acelea în care apariția atmosferei explozive de praf/pulbere și scame combustibile este posibilă pentru durate scurte, prin antrenarea depunerilor corespunzătoare, clasificarea respectivă aplicîndu-se acolo unde, la funcționarea/exploatarea normală, fie nu este posibilă formarea de medii explozive, fie — dacă apare — mediul exploziv se menține ca atare numai pentru timp scurt. Așadar, în limitele *zonei „11"*, prafurile/pulberile/pudrele și scamele combustibile nu sînt — în mod normal — în suspensie în aer și nici nu există posibilitatea aruncării lor în suspensie — în condițiile funcționării/exploatării normale a componentelor, echipamentului, aparatelor, utilajelor etc. — în cantitățile suficiente producerii de amestecuri inflamabile sau explozive.

Zona „11" include, bunăoară, toate incintele (spațiile) în care:

**a.** Depozitarea sau acumularea de prafuri/pulberi sau de scame poate fi suficientă pentru a exercita o influență negativă asupta cedării sigure de căldură din partea utilajului și aparatelor electrice.

**b.** Depunerile și acumulările de praf/pulbere sau de scame pe (sau în apropiere de) echipamente electrice pot fi aprinse de arcuri electrice, de scîntei, de materialul incandescent provenit de la acestea sau de către alte surse; aici se exemplifică: ● incintele, încăperile și spațiile cu jgheaburi și benzi rulante, cu silozuri închise sau cu mecanisme și utilaje etc. din care, în cantități apreciabile, praful/pulberea ar putea scăpa numai în condiții anormale de funcționare/exploatare; ● incintele, încăperile și spațiile învecinate cu cele clasificate în zona „2" și de la care, în circumstanțe de funcționare/exploatare anormală, ar putea pătrunde concentrații de praf/pulbere și scame explozive sau inflamabile, în suspensie; ● incintele, încăperile sau spațiile în care formarea concentrațiilor explozive sau de aprindere, pentru praful/pulberea sau scamele în suspensie, se previne datorită supravegherii tehnice prin intermediul unui aparataj adecvat de control din punctul de vedere al concentrației efective spontane; ● alte incinte, locuri etc. similare, cum sînt cele delimitate prin perimetrele din jurul aparatelor și utilajelor care conțin praf/pulbere sau din care se poate degaja praf/pulbere (de exemplu încăperile cu mori, la care praful/pulberea scapă din mori și se depune ca atare).

4.2.4. Clasificarea zonelor cu amestecuri hibride

Amestecurile explozive periculoase mixte, formate prin anumite participații de prafuri/pulberi/pudre/scame, pe de o parte și de gaze/vapori/cețuri, pe de altă parte, se numesc *amestecuri periculoase hibride*. În condițiile acestor amestecuri, zonarea incintelor, spațiilor, instalațiilor, platformelor, încăperilor etc. se efectuează atît din punctul de vedere al zonelor „0", „1" și „2", cît și al celor „10" și „11".

## 5. Măsuri tehnico-organizatorice de protecție antiexplozivă

În general, măsurile tehnico-organizatorice de protecție antiexplozivă se pot grupa în.

**a.** Măsuri care, materializate practic, împiedică sau diminuează*) formarea de atmosfere explozive, în ansamblul lor constituind așa-numita *protecție antiexplozivă primară* (de ordinul unu); aici se includ, în principal, următoarele: 1) evitarea sau diminuarea substanțelor care pot forma amestecuri explozive; 2) prevenirea sau diminuarea formării de amestecuri explozive în interiorul utilajelor, ceea ce este posibil prin: ● limitarea concentrațiilor între anumite praguri, valori, limite etc. și ● inertizarea mediului periculos; 3) prevenirea, evitarea sau diminuarea formării de atmosfere explozive în jurul aparatelor, instalațiilor etc., ceea ce este posibil prin: ● structurare constructiv-tehnologică și mod de amplasare; ● soluția constructivă a utilajelor (materiale, suduri, probleme de coroziune și anticoroziune, armături, racorduri/știuțuri/orificii, etanșeitate etc.); ● verificarea etanșeității sistemului; ● ventilarea (naturală; forțată→mecanică sau de suprapresiune) corespunzătoare etc.; 4) supravegherea concentrației în apropierea componentelor principale, aparatelor ș.a., pentru aceasta folosindu-se: ● instalații de avertizare cu alarmă; ● instalații de avertizare cu declanșare automată a măsurilor de protecție; ● instalații de avertizare cu declanșare automată a măsurilor de avarie (oprire nepericuloasă etc.) [23].

**b.** Măsuri care, implementate în instalațiile tehnologice, împiedică aprinderea/inflamarea amestecurilor (atmosferei) periculoase explozive, în ansamblul lor constituind așa-numita *protecție antiexplozivă secundară* (de ordinul doi); în principal, aici se includ următoarele: 1) zonarea mediilor cu pericol de explozie (v. § 4); 2) identificarea și verificarea — la fața locului — a pericolelor de aprindere/inflamare;

*) Conceptul de „diminuare" a formării unei atmosfere explozive poate să se refere la o limitare spațială, temporară sau cantitativă.

3) nominalizarea surselor de inițiere a exploziilor (v. § 2) și a modalităților corespunzătoare de protecție (conform cu [2] și [23]).

c. Măsuri, de regulă constructive, care reduc efectul unei eventuale explozii la urmări cu totul neglijabile și care, în ansamblul lor, constituie așa-numita *protecție antiexplozivă terțiară* (de ordinul trei și, în nici un caz, în ultimul rînd); în principal, aici se includ următoarele: 1) structurarea constructivă rezistentă (mecanic) la explozii; 2) decompresia exploziei (prin intermediul — de exemplu al — membranelor și discurilor de securitate/siguranță, v. cap. 3 în [23]); 3) folosirea unor mijloace tehnice adecvate pentru suprimarea exploziilor (v. cap. 7—12 și 15 în [23]); 4) practicarea de dispozitive antideflagrante, respectiv de dispozitive care să evite străpungereile de flăcări (v. cap. 6 și 7 în [23]) etc.

Preferențial și primordial, se vor avea în vedere următoarele *surse de scăpări, scurgeri, evacuări, eșapări* etc.: cutiile de etanșare (cu presetupă) și celelalte sisteme de etanșare ale pompelor; scurgerile sau scăpările la compresoare; scurgerile din conducte și în primul rînd cele aparținînd îmbinărilor demontabile (cu flanșe, prin filet etc.); scăpările presetupelor de supapă; supapele de evacuare și de descărcare rapidă în atmosferă; evacuările în atmosferă (mai puțin cele corespunzătoare rezervoarelor așa-zise atmosferice sau de presiune scăzută) ale unor cantități mici de gaze/vapori; scăpările în atmosferă la punctul de luat probe; scurgerile datorite aparatelor de măsurare, supraveghere și control-reglare, respectiv filtrelor aferente acestora; aerisirea în atmosferă a rezervoarelor de tip standard (atmosferice cu capac fix); scăpările în atmosferă ale rezervoarelor (atmosferice) cu capac plutitor (flotant); evacuările în atmosferă în decursul operațiilor tehnologice de încărcare(umplere)-descărcare(golire); scăpările de vapori la separatoarele de ulei-apă; scăpările de vapori la/pe canalele deschise de drenare; locurile în care pot apărea amestecuri periculoase de hidrogen sau în care se prelucrează ori se depozitează gaze petroliere lichefiate (GPL); locurile în care se lucrează cu sulfură de carbon și instalațiile în care se folosește amoniacul; depozitele de produse, rampele de încărcare-descărcare și stațiile de distribuție pentru benzine și motorine; standurile de vopsire; garajele și atelierele pentru repararea autovehiculelor; hangarele de aviație și locurile de alimentare cu carburant a avioanelor; locurile de administrare sau de depozitare a substanțelor anestezice sau dezinfectante inflamabile; atelierele mecanice; zonele cu pericol de explozie în instalațiile specifice activității de foraj-extracție pentru hidrocarburi lichide și gaze; prafurile organice și pulberile metalice ș.a.m.d.

5.1. *Unele aspecte privind măsurile de siguranță/securitate în instalațiile tehnologice care funcționează cu gaze lichefiate*

Aici, în categoria generală de *gaze lichefiate* (GL) se includ *gazele petroliere lichefiate* (GPL → butan, propan etc.) și următoarele *gaze lichefiate tehnice* (GLT): propilenă, clorură de vinil, hidrogen sulfurat, mercaptani și amine. La temperatură și presiune normale, aceste substanțe sînt în stare de vapori, ceea ce implică evaporarea lor bruscă atunci cînd sînt scăpate în atmosferă. Toate gazele menționate sînt mai grele decît aerul și, ca urmare, în circumstanțe atmosferice, ele se întind deasupra solului, ocupă — la început — toate adînciturile din teren și formează nori de gaze ori de cîte ori sînt în cantitate suficient de mare.

Pentru evaporarea și expandarea gazelor lichefiate scăpate în atmosferă, întotdeauna se consumă o mare cantitate de căldură, ceea ce — la un moment dat — se soldează (cînd scăpările sînt masive) cu condensarea umidității din atmosferă și — ca efect spectaculos — cu formarea de ceață. La apariția norului de ceață, cantitatea scăpată de gaze lichefiate este deja mare și, astfel, pericolul unei explozii devine iminent. Orice sursă energetică (flacără, scînteie, suprafață fierbinte, radiații de mare energie etc.) poate declanșa explozia, iar aceasta — în funcție de cantitatea de gaze scăpate — poate să fie devastatoare. Conform cu [2, 23 etc.], cantitățile de gaze care generează *explozii devastatoare* sînt cel puțin egale cu circa 5 t.

O sursă de scăpare a GL, nedetectată și/sau nelichidată cu promptitudine și rapiditate, poate întreține o șuviță de gaze care se întinde cu repeziciune de-a lungul unei adînciturи de teren (vale, șanț, înclinare de teren) sau un nor de gaze ușor deplasabil de către vînt (slab), ajungîndu-se pînă la mari distanțe (uneori peste 1 000 m). Pe parcursul respectiv fiind prezente tot felul de surse de aprindere, evident, inițierea exploziei va fi posibilă, prin urmare, chiar și de la mare distanță.

Din motive de securitate tehnică, toate instalațiile și depozitele pentru GL, care nu sînt supravegheate în mod permanent, se vor dota cu gazanalizatoare automate cu alarmă. În plus, încă din faza de proiectare, se vor prevedea robinete de secționare cu comandă la distanță pentru toate utilajele avînd o zestre periculoasă de GL, astfel minimizîndu-se pericolele. De altfel, proiectarea și realizarea instalațiilor tehnologice care funcționează cu GL va trebui să corespundă — din punctul de vedere al măsurilor de securitate tehnică — îndreptarului [13].

La fel ca în oricare instalație industrială, în instalațiile tehnologice care funcționează cu GL există un **factor de risc tehnic** în funcționare/exploatare, datorit — primordial — acci-

dentelor tehnice care, adeseori, implică daune materiale și, uneori, victime umane. Factorul de risc tehnic corespunzător provine din: 1) manipularea de substanțe inflamabile, toxice sau letale, corosive și/sau explozive în amestec cu aerul; 2) numărul mare al îmbinărilor (demontabile sau nedemontabile); 3) numărul destul de mare al echipamentelor așa-zise dinamice; 4) domeniul extins al temperaturilor și presiunilor de proces; 5) reacțiile chimice cu aport sau cu degajare de căldură; 6) supraîncărcările sau subîncărcările tehnologice ale instalației, cîteodată chiar facilitîndu-se acumularea de substanțe nedorite sau periculoase; 7) factorul uman→operatorul (se implică gradul de instruire, disciplina, experiența profesională, vîrsta, oboseala etc. [25] ș.a.).

Pentru instalațiile care funcționează cu GL *inflamabile*, factorul de risc tehnic este accentuat în plus prin: 8) prezența de substanțe cu punct de fierbere foarte coborît, ceea ce favorizează o vaporizare instantanee, cu un volum în gaze de 200...300 de ori mai mare decît volumul lichidului scăpat; 9) vaporizarea instantanee, cu preluarea căldurii (de vaporizare) de la lichidul scăpat, ceea ce conduce la atingerea unor temperaturi ale peretelui (metalic) de recipiente cu mult sub 0°C (bineînțeles, în condițiile unor depresurizări); 10) inflamarea la orice temperatură; 11) prezența de gaze mai grele decît aerul (ceea ce le face acumulabile la nivelul solului cu relief mai jos); 12) limitele de explozie la concentrații mici în amestec cu aerul (1,5...9,5% vol. — pentru propan; 2,0...10,3%vol. — pentru propilenă; 3,0...15,0%vol. — pentru etan [13]).

În principal, **cauzele accidentefor** care se cunosc au fost următoarele: a) apariția neetanșeităților fie ca urmare a distrugerii unei garnituri, fie ca efect al calității neconforme a unor lucrări de montare (sudare, material de bază, material de adaos etc.); b) materializarea coroziunii și/sau eroziunii; c) prezența de vibrații nepermise, așa-zise depășite; d) practicarea de modificări constructive empirice și/sau contraindicate; e) operări tehnologice de-a dreptul necorespunzătoare(accidental, astfel, materialele tehnice puse în operă au fost solicitate mecanic, termomecanic etc. cu mult în afara domeniilor de temperatură, presiune, mediu ș.a. considerate la proiectare) ș.a.m.d.

**Scăpările de GL** inflamabile se grupează, în general, în:

● *scăpări potențiale*, datorite chiar procesului tehnologic, care sînt periodice sau accidentale, dar cantitativ mici și care nu implică modificări în condițiile de proces (presiune, temperatură, debit etc.); asemenea scăpări nu pot forma nori explozivi, bineînțeles, dacă se respectă instrucțiunile de exploatare și normativele PM și PSI; pentru toate instalațiile, sursele principale de scăpări potențiale sînt următoarele: 1) punctele de luat probe (ori de cîte ori nu sînt respectate întocmai instrucțiunile corespunzătoare); 2) punctele de scurgere a apei separate în proces (evident, cînd nu sînt respectate instrucțiunile de operare); 3) etanșările la pompe, compresoare și armături; 4) supapele de siguranță, bineînțeles, dacă presiunea lor de reglare este prea apropiată de presiunea maximă de lucru (în general, supapele de siguranță au evacuarea racordată la linia de faclă); 5) orice alte neetanșeități;

● *scăpări de avarie*, care — de cele mai multe ori — obligă la modificări în condițiile de proces (presiune, temperatură, debit etc.) și care generează nori explozivi; sursele scăpărilor de avarie pot fi: 1) fisurarea, plesnirea sau ruperea unei conducte (cauzată de: vibrații peste limitele admise; depășiri ale valorilor maxime de calcul privind temperatura și/sau presiunea; utilizare de materiale necorespunzătoare; montare și structurare constructivă cu abateri — pentru utilaje și conducte — față de prevederile proiectului etc.); 2) avarierea compresoarelor (mai ales atunci cînd în vasul de aspirație pătrunde lichid); 3) distrugerea de garnituri (prin strivire, expulzare, rupere etc.) la îmbinările prin flnșe ale conductelor și utilajelor, rezervoarelor etc.; 4) fisurarea sau plesnirea unui aparat (de tip coloană, schimbător termic, recipient tehnologic etc.) ca urmare a depășirii restricțiilor privind nivelurile maxime ale condițiilor de lucru, a operării tehnologice — fără corelare cu presiunea — sub temperatura minimă de lucru, a unor defecte structurale sau defectări constructive etc.

Efectele exploziei unui nor de gaze inflamabile se pot aprecia — orientativ — folosind dependența redată grafic în figura 9, astfel constatîndu-se, în funcție de cantitatea gazelor scăpate, care este presiunea maximă a șocului exploziei la distanțe (radiale) diferite față de sursa scăpării de gaze. Referitor la cantitatea de gaze scăpate (abscisa în fig. 9), care se poate constitui într-un nor inflamabil la un moment dat, de fiecare dată se va avea în vedere *utilajul* dintr-o instalație avînd cea mai mare zestre de GL (cînd există posibilitatea „izolării" sale tehnologice prin secționare, blindare etc.) sau *grupul de utilaje* dintre două sisteme de blocare tehnologică. Cînd echivalarea se face cu alte substanțe, diferite de hidrocarburi, valorile din abscisa graficului redat în figura 9 se vor *corecta* prin înmulțirea cu simplexul (putere calorifică a substanței nominalizate)/11 000.

*5.2. Unele aspecte privind măsurile de siguranță/securitate în condițiile apariției unor amestecuri periculoase de hidrogen*

În raport cu aerul, hidrogenul (M = 2; Ma = 29) are o densitate foarte mică (0,07), ceea ce face ca, ori de cîte ori se produc aseme-

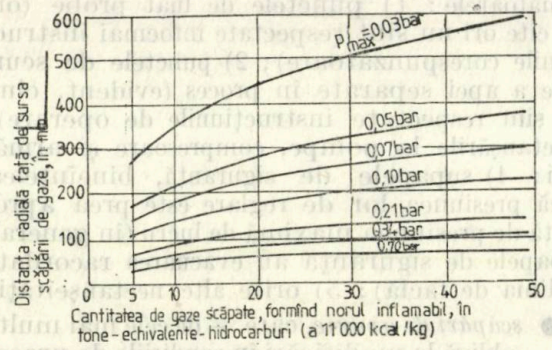



Fig. 9. Presiunea maximă $p_{max}$ corespunzătoare şocului epxloziei unui nor de gaze inflamabile la distanţe radiale diferite faţă de sursa scăpării de gaze [13].

N o t ă. Diagrama s-a construit pentru următoarele premise (conturate statistic): 1) scăparea de gaze este *instantanee* (deci nu cu un anumit debit); 2) substanţa astfel scăpată se evaporă *imediat*; 3) compoziţia norului format este *uniformă* în amestecul de gaze-aer şi corespunde valorilor *medii* ale limitelor de explozie inferioară şi superioară; 4) temperatura *ambiantă* este de 20°C; 5) puterea calorifică a hidrocarburilor *echivalente* s-a luat egală cu 11 000 kcal/kg; 6) ca *undă de şoc* s-a admis 2% din puterea calorifică.

nea scăpări, hidrogenul gazos să intre în ascensiune cu cea mai mare viteză, dispersîndu-se — dacă nu este împiedicat — în atmosferă. Ca urmare, încăperile şi alte incinte închise, în care pot avea loc degajări de hidrogen gazos, se vor asigura împotriva formării aşa-ziselor pungi de hidrogen prin practicarea de aerisiri (fante, deflectoare etc.) în punctele cele mai înalte.

Pentru amestecurile de aer-hidrogen(gazos), indicatorii de caracterizare a pericolului exploziv sînt următorii [2]: limita de explozie → 4,0 . . .75,6 %vol.; temperatura de aprindere → 560°C; energia minimă de aprindere →0,011mJ; presiunea maximă de explozie → 7,4 bar; în jurul aparatelor, incintelor etc. care conţin hidrogen gazos sub presiune, zona cu pericol de explozie este de maximum 5 m, în plan orizontal şi de 8 m, pe verticală.

În amestecuri cu alte gaze inflamabile, hidrogenul gazos se va lua în consideraţie numai dacă el reprezintă mai mult decît 30%vol.

### 5.3. *Unele aspecte privind măsurile de siguranţă/securitate în instalaţiile care folosesc amoniacul gazos*

Avînd o densitate egală 0,59, amoniacul gazos este mai uşor decît aerul. Totuşi, în contact nemijlocit cu aerul atmosferic, el formează o *ceaţă* care, cu destulă greutate, se ridică de pe suprafaţa Pămîntului. Aceasta deoarece, reacţionînd cu umiditatea atmosferică, amoniacul gazos formează hidroxidul de amoniu care, fiind mai greu decît aerul, pluteşte deasupra solului. Limita inferioară de *explozie* este de 15%vol. (ceea ce revine la 105 g/m³), dar limita de *toxicitatea* este de numai 0,3% vol., iar cea *mortală* — de 3,0% vol.

În condiţiile instalaţiilor folosind amoniacul gazos, amplasate în incinte, încăperi etc. închise, cu supraveghere permanentă, cantitatea de amoniac eventual scăpată nu poate ajunge la limita inferioară de explozie decît numai în cazurile unor avarii majore. Ca urmare, echipamentul electric al instalaţiilor respective va putea fi în execuţie normală. Fac excepţie numai instalaţia de avarie şi iluminatul de siguranţă, întotdeauna realizate în execuţie antiexplozivă. În plus, se va prevedea posibilitatea de întrerupere sigură şi din exterior, în momentul atingerii limitei toxice, a alimentării cu energie electrică pentru instalaţia normală.

### 5.4. *Unele aspecte privind măsurile de siguranţă/securitate în condiţiile lucrului cu sulfură de carbon*

Indicatorii pericolului de explozie privind sulfura de carbon sînt următorii [2]: punctul de fierbere →46°C; punctul de aprindere →102°C punctul de inflamabilitate → —30°C; energia de aprindere →0,009 mW·s (deci, foarte mică); presiunea maximă de explozie →7,8 bar.

Aşadar, la temperatura ambiantă, sulfura de carbon are o presiune de vapori mare, iar aceasta poate genera — oricînd — un amestec exploziv care, datorită temperaturii de aprindere joase, se poate inflama de la orice scînteie sau suprafaţă cu temperatură mai mare decît 102°C. Fiind mult mai grei decît aerul (1,64), vaporii sulfurii de carbon se adună deasupra solului şi plutesc sub formă de *ceaţă*.

Limita inferioară de *explozie* fiind de 30 g/m³ (→1% vol.), iar limita corespunzătoare de *toxicitate* (CMA = 0,05 g/m³) fiind de 600 de ori mai mică, măsurile de protecţie din acest ultim punct de vedere sînt ferm sigure, instalaţiile date fiind permanent supravegheate. Ca urmare, o instalaţie lucrînd cu sulfură de carbon se poate prevedea cu echipament electric în execuţie normală, dar acesta, oricum şi oricînd, trebuie să poată fi scos de sub tensiune — în mod cert — din exterior. Fac excepţie echipamentul de ventilaţie şi iluminatul de siguranţă, care — întotdeauna — se asigură în execuţie antiexplozivă.

**Bibliografie**

[1] B a r a t o v A. N. ş.a. *Pojarnaia bezopasnost.. Vzrivobezopasnost. Spravocinik.* Moskva, Himia, 1987.

[2] D o b r e s c u, I. (coord.) *Îndreptar departamental de zonare a mediilor cu pericol de explozii şi măsuri de prevenire a acestora.* Bucureşti, Ministerul Industriei Petrochimice, 1987.

[3] I v a n o v, E. N. *Protivopojarnaia zaşcita otkritih tehnologhiceskih ustanovok.* Moskva, Himia, 1986.

[4] Ivănescu, T. I. *Metode moderne de combatere a incendiilor și a exploziilor în industria chimică și petrolieră.* Lucrare de sinteză. București, Centrul de Documentare al Industriei Chimice și Petroliere (CDICP), 1968.

[5] Korf, E. I., Kaț, M. I. *Tehnika bezopasnosti i protivopojarnaia tehnika v himiceskoi promîșlennosti.* Moskva, Vîssaia școla, 1961.

[6] Kriajev, B. G., Maevski, M. A. *Tehnika bezopasnosti pri ispolzovanii sjijennîh gazov.* Moskva, Nedra, 1969.

[7] Kușelev, V. P. *Osnovi tehniki bezopasnosti na predpriatiah himiceskoi promîșlennosti.* Moskva, Himia, 1968.

[8] Pavel, A. *Siguranța în funcționare a utilajelor petrochimice.* **3**, *1б*, București, Ed. Tehnica, 1988.

[9] Roșca, M. *Permisul de lucru, mijloc de prevenire a accidentelor de muncă.* București, Ministerul Industriei Chimice (I.P.A.C.), 1972.

[10] Soloviev, N. V. ș.a. *Osnovi tehniki bezopasnosti i protivopojarnoi tehniki v himiceskoi promîșlennosti.* Moskva, Himia, 1966.

[11] * * * *Instrucțiuni tehnice departamentale pentru conductele tehnologice sub presiune din instalațiile chimice și rafinării. PD* 178—82. *Proiectare, montare, exploatare, reparare și verificare.* București, Ministerul Industriei Chimice, 1983.

[12] * * * *Normativ pentru proiectarea, executarea, verificarea și recepționarea instalațiilor electrice în zone cu pericol de explozie. I.D.* 17—1986. București, Ministerul Industriei Chimice — Ministerul Industriei Petrochimice, 1986.

[13] * * * *Îndreptar departamental pentru măsuri de siguranță care trebuie prevăzute la proiectarea și realizarea instalațiilor tehnologice care funcționează cu gaze lichefiate.* București, Ministerul Industriei Petrochimice, 1987.

[14] Beliakov, V. P., Fainștein, V. I. (red.) *Vzrivobezopasnost vozduhorazdelitelnîh ustanovok.* Moskva, Himia, 1986.

[15] Ivanov, B. A. *Bezopasnost primenenia materialov v kontakte s kislorodom.* Moskva, Himia, 1984.

[16] O'Brien, J. A. *U. S. Regulatory requirements for blast effects from accidental explosions.* În: Trans. 4th Int. Conf. Struct. Mech. React. Technol., San Francisco (Calif., USA), 1977. Vol. J(b), Amsterdam e.a., 1977, 10.7/1—6.

[17] Pester, J., Büngener, H. *Explosionsschutz.* Leipzig, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1969.

[18] Popa, S. M. *Prevenirea exploziilor provocate de substanțele pulverulente.* Sinteză documentară. București, Institutul de Documentare Tehnică (I.D.T.), 1970.

[19] Weinreich, W. *Explosionsschutz in Anlagen der Erdöl und Erdgasgewinnung.* În: Erdoel-Erdgas, 1983, **99**, *11*, 370—378.

[20] * * * *Le prévention des explosions de gaz et vapeurs combustibles.* În: Entretien et Travaux Neufs, 1971, *23 1*, 40—43.

[21] * * * *Explosionsschutz für Tankgefässe.* În: Wirtschaftsschutz + Sicherheitstechn., 1986, **8**, *8—9*, 442.

[22] Pavel, A. *Explozii și incendii în instalațiile tehnologice petrochimice.* În: Rev. Chim., (București), 1980, **31**, 7, 675—683.

[23] Pavel, A. ș.a. *Protecția antiexplozivă a instalațiilor tehnologice.* **1** și **2**. București, Ed. Tehnică, 1989 (sub tipar).

[24] Pavel, A., Dascălu, C. *Calculul termotehnologic al faclelor industriale.* În: Rev. Chim., (București), 1987, **38**, *8* și *9*, 716—722 (I) și 830—837 (II), respectiv 1988, **39**, *9*, 806—813 (III).

[25] Pavel, A. *Fiabilitatea și securitatea instalațiilor petrochimice.* Ploiești, Institutul de Petrol și Gaze, 1989 (sub tipar).

# Asupra compoziției chimico-mineralogice a cineritelor din orizonturile Podu Morii și Kliwa superior ale Pintenului de Văleni și unele supoziții de geneză

Șef lucr. ing. **D. Frunzescu**, prof. dr. ing. **I. D. Pârcălăbescu**,
șef lucr. ing. **O. Georgescu**, șef lucr. ing. **I. Nistor**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

## Introducere

Între intercalațiile de material cineritic și bentonite dezvoltate în contextul eterogen al depozitelor flișoide din Paleogenul Carpaților Orientali se încadrează și cele din orizonturile de Podu Morii și Kliwa superior, din litofaciesul extern bituminos al Pintenului de Văleni din Pînza de Tarcău. Prezentate în literatura geologică anterioară ca unul pînă la trei nivele de 0,06—1,20 m de tuf în orizontul de Podu Morii și ca apariții greu determinabile de material tufaceu în orizontul superior al gresiei de Kliwa, examinarea de detaliu a unui profil deschis din valea Teleajenului, în flancul nordic al sinclinalului Frînghiești, a permis decelarea clară a mult mai multe nivele cineritice.

Astfel, în orizontul stratelor de Podu Morii (sensu Teissyeyre, fig. 1), cartat între valea Purcel și circa 60 m aval de valea Văleanca, apar 64 de nivele subcentimetrice de material cineritic, frecvent alterat, dezvoltate cu precădere în partea inferioară și medie a orizontului.

Spre partea superioară (spre contactul cu orizontul Kliwa superior) apar două intercalații de 0,30 m și 1,50 m de tuf (acoperite de materialul taluzului iazului de decantare al carierei de nisip Sticloval). Într-un prim pachet litologic bazal de circa 32 m grosime s-au identificat șapte intercalații de cinerite și bentonite cu grosimi milimetrice (0,002—0,007 m) și două intercalații de 0,002—0,01 m, situate la intervale de 2,5—10 m. În pachetul litologic mediu de aproximativ 71 m grosime s-au identificat 52 de intercalații de cinerite și bentonite cu grosimi de 0,007—0,03 m situate între ele la intervale de la submilimetrice la 1,5—3,0 m

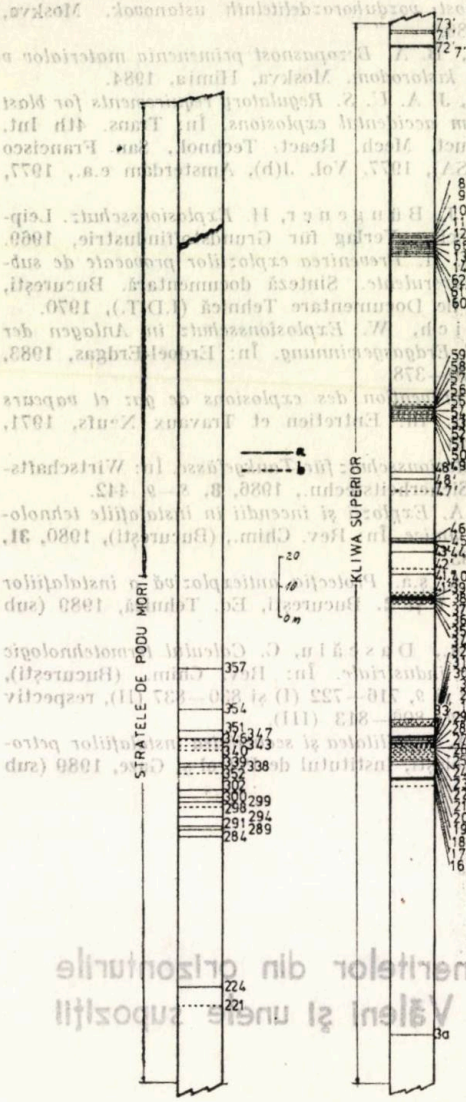



Fig. 1. Coloanele stratigrafice sintetice ale orizonturilor Podu Morii și Kliwa superior ($a$ — tuf; $b$ — tufit).

și spre extremități la 4—9 m. Spre partea superioară a orizontului mai apar trei intercalații de tuf de 0,01 m grosime, situate la distanță de 80 m între ele și la 42 m de pachetul litologic mediu.

Orizontul superior al gresiei de Kliwa (fig. 1), dezvoltat pe o grosime stratigrafică de 350 m, cuprinde 65 de intercalații de cinerite grupate în șapte pachete litologice, situate între ele la distanțe de 86,4 m; 41,46 m; 19,47 m; 49,04 m și 61,80 m. Pachetele litologice au grosimi medii de la 8 la 20 m și sînt formate din alternanțe de gresii de Kliwa și șisturi disodilice cu intercalații centimetrice de cinerite. Pachetul respectiv cuprinde următoarele strate cineritice: pachetul bazal I — un strat; pachetul II — 21 strate; pachetul III — 14 strate; pachetul IV — 3 strate; pachetul V — 11 strate; pachetul VI — 11 strate; pachetul VII — 4 strate. Rezultă o repartiție aproape regulată a pachetelor litologice de nivele de cinerite, distanțate la intervale de 25—50 m între ele.

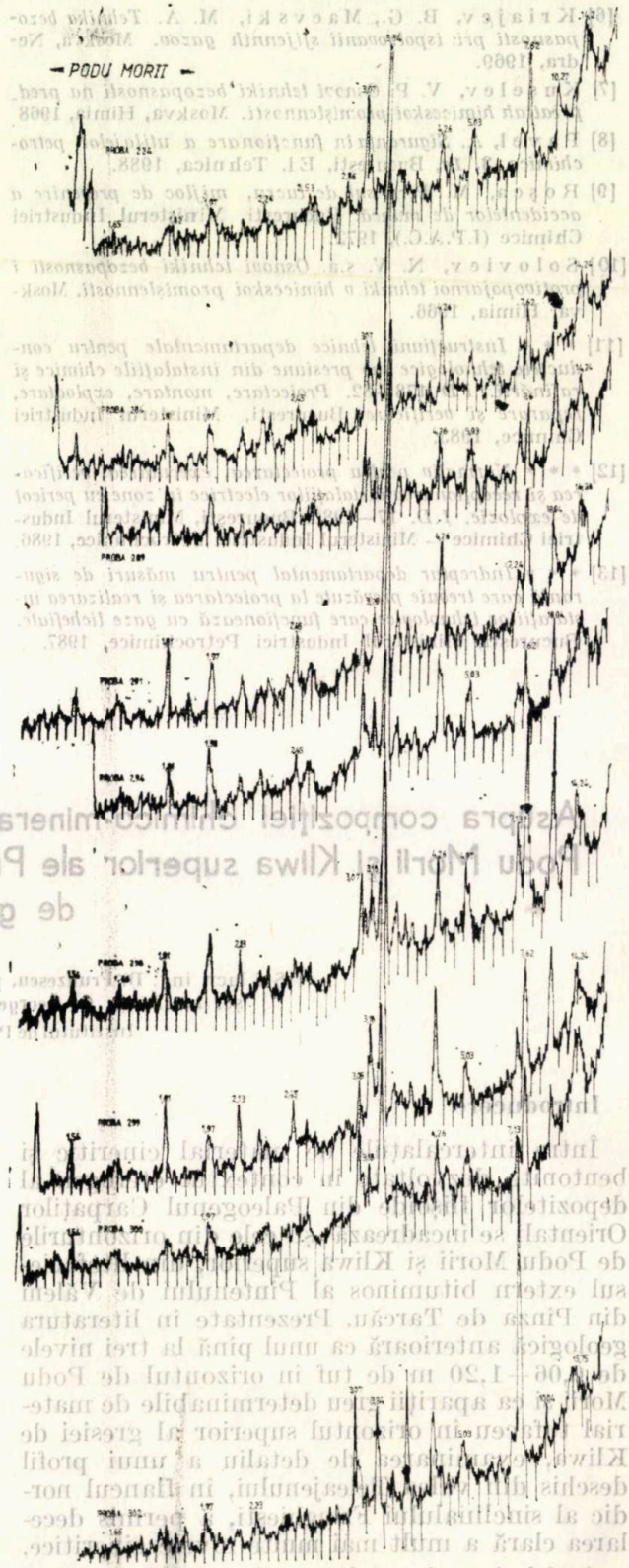



Fig. 2. Difractograme de raze X ale unor probe din orizontul Podu Morii.

**Compoziția chimico-mineralogică**

Pentru caracterizarea chimico-mineralogică a cineritelor s-au prelevat probe din fiecare pachet litologic (fig. 1).

În intercalațiile cineritice ale orizontului Podu Morii (fig. 2) se observă prezența în cantitate ridicată a gipsului, cu precădere în pachetul litologic superior. Mineralele componente sînt reprezentate prin cuarț, feldspați (ortoză și oligoclaz), caolinit, clorit (clinoclor), illit, montmorillonit, interstratificări de illit-montmorillonit și illit-clorit, siderit. Zeoliții apar în cantitate mai redusă și sînt reprezentați prin clinoptilolit. Se remarcă o creștere a conținutului în caolinit către partea superioară a bancului, unde depășește 50% din volumul probelor. Ca minerale detritice mai apar muscovitul și hidromicele.

Analiza chimico-spectrală de emisie, metoda semicantitativă, efectuată asupra unui număr de 24 probe, relevă prezența în proporții ridicate a elementelor chimice comune (Si, Al), alături de care apar elemente chimice rare, lantanide și radioelemente (tab. 1).

phillipsit, clinoptilolit). Alături de mineralele smectitice mai apare și illitul, iar, ca minerale detritice, cuarțul și feldspații slab alterați (ortoză și oligoclaz).

● Pachetul litologic III este predominant zeolitic, în intercalațiile bazale fiind reprezentat, cu precădere, prin clinoptilolit, iar în intercalațiile superioare prin natrolit, mordenit, phillipsit. Și în acest pachet litologic apare evidențiat cristobalitul.

● Pachetul litologic V reprezintă un tufit bogat în granule fine de cuarț și minerale argiloase (clinoclor, montmorillonit, illit, caolinit).

● Pachetul litologic VI este puternic alterat în bază, fiind alcătuit din sticlă, geluri și minerale cu structură alterată. Urmează tufuri alterate, bogat zeolitice în asociație cu minerale argiloase. Zeoliții sînt reprezentați prin mordenit, clinoptilolit și chabazit.

● Pachetul litologic VII este reprezentat prin tufite slab zeolitifere, preponderente fiind mineralele argiloase, cum ar fi : illitul, montmorillonitul, caolinitul, hidromicele.

*Tabelul 1*

**Analiza chimico-spectrală de emisie a probelor din orizontul stratelor de Podu Morii**

Lungimea de undă (Å) / Parametrul spectral It–If

| Nr. crt. al probei | Proba / Litologie | Li | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Sr | Y | Zr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lungimea de undă (Å) | 3232,0 | 3303,0 | 3329,8 | 3944,0 | 3905,3 | 4246,9 | 3217,0 | 3487,6 | 4498,2 | 4408,5 | 4339,5 | 3696,6 | 3406,4 | 3405,1 | 3423,7 | 3247,5 | 3282,2 | 4172,1 | 3464,5 | 4374,9 | 3439,2 |
| 7 | 302 TUF BENTONITIZAT | – | 13.1 | 14.6 | ∞ | ∞ | 2.9 | 13.6 | 6.2 | 3.9 | 4.3 | 0.6 | 5.2 | 6.6 | 5.7 | 3.0 | 13.5 | 9.9 | ∞ | 4.3 | 0.8 | 6.2 |
| 8 | 338 TUF ALTERAT | – | 12.8 | 13.7 | ∞ | ∞ | 1.9 | 11.4 | 4.6 | 3.4 | 3.2 | 0.3 | 3.6 | 5.6 | 3.3 | 2.4 | 14.3 | 9.5 | ∞ | 6.2 | 0.8 | 5.2 |
| 9 | 339 TUF BENTONITIZAT | – | 14.0 | 15.3 | ∞ | ∞ | 5.2 | 15.8 | 6.7 | 7.2 | 6.2 | 1.2 | 7.3 | 5.9 | 6.3 | 3.5 | 15.4 | 12.4 | ∞ | 3.6 | 2.2 | 7.2 |
| 10 | 340 TUF ALTERAT | 1.7 | 14.5 | 14.9 | ∞ | ∞ | 5.3 | 15.0 | 6.4 | 7.9 | 5.6 | 1.0 | 6.8 | 5.0 | 6.9 | 3.8 | 15.2 | 13.2 | ∞ | 3.8 | 3.3 | 8.0 |
| 11 | 341 TUF | 3.9 | 12.2 | 11.8 | ∞ | ∞ | 2.9 | 12.9 | 4.3 | 5.1 | 3.9 | 1.1 | 3.9 | 4.0 | 6.4 | 2.8 | 12.9 | 13.8 | ∞ | 0.2 | 3.6 | 7.1 |
| 12 | 343 TUFIT BENTONITIZAT | 3.6 | 14.3 | 13.6 | ∞ | ∞ | 5.8 | 13.3 | 6.3 | 8.6 | 8.0 | 2.2 | 6.1 | 7.8 | 5.8 | 3.7 | 14.5 | 13.2 | ∞ | 7.1 | 2.7 | 7.0 |
| 13 | 344 TUF ALTERAT | 1.7 | 15.4 | 9.3 | ∞ | ∞ | 4.0 | 13.6 | 5.7 | 6.5 | 5.2 | 2.2 | 4.9 | 4.6 | 5.0 | 11.1 | 9.5 | 13.5 | ∞ | 3.9 | 2.4 | 11.4 |
| 14 | 345 bis TUFIT | 1.4 | 14.7 | 7.1 | ∞ | ∞ | 3.1 | 12.2 | 4.9 | 4.9 | 3.8 | 1.4 | 3.9 | 2.9 | 5.0 | 9.2 | 9.4 | 13.8 | ∞ | 2.4 | 1.2 | 10.9 |
| 15 | 346 TUFIT | 1.2 | 14.6 | 8.2 | ∞ | ∞ | 2.8 | 12.2 | 6.0 | 4.0 | 5.2 | 1.3 | 4.4 | 2.9 | 5.8 | 9.2 | 7.9 | 12.0 | ∞ | 2.8 | 1.4 | 9.7 |
| 16 | 347 TUF | – | 6.5 | 8.0 | ∞ | ∞ | 3.0 | 10.0 | 7.7 | 1.8 | 2.4 | 0.6 | 6.0 | 1.5 | 7.9 | 6.6 | 8.8 | 8.0 | ∞ | 4.4 | 0.6 | 6.8 |
| 17 | 348 TUF ALTERAT | 1.7 | 15.9 | [illegible] | ∞ | ∞ | 5.1 | 13.4 | 7.2 | 6.9 | 4.3 | 2.5 | 5.9 | 3.2 | 6.5 | 11.0 | 8.9 | 15.1 | ∞ | 3.5 | 3.9 | 12.4 |
| 18 | 349 TUF | 1.9 | 15.9 | 11.0 | ∞ | ∞ | 4.9 | 12.0 | 6.7 | 5.9 | 5.1 | 2.9 | 4.7 | 0.5 | 0.4 | 12.3 | 7.1 | 13.3 | ∞ | 3.6 | 3.4 | 11.2 |
| 19 | 350 TUF | 1.5 | 14.3 | 6.9 | ∞ | ∞ | 2.2 | 12.7 | 5.9 | 4.0 | 2.7 | 2.0 | 4.2 | 2.5 | 6.0 | 8.2 | 6.5 | 12.0 | ∞ | 3.4 | 3.3 | 13.1 |
| 20 | 351 TUF | [illegible] | 13.6 | 6.3 | ∞ | ∞ | 1.5 | 12.8 | [illegible] | 2.1 | 1.9 | [illegible] | 3.7 | 0.8 | 5.5 | 6.7 | 6.0 | 9.9 | ∞ | 2.7 | 1.6 | 11.5 |
| 21 | 354 TUFIT BENTONITIZAT | – | [illegible] | [illegible] | ∞ | ∞ | 1.5 | 12.3 | [illegible] | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 5.3 | 5.4 | 13.5 | ∞ | 3.1 | 0.9 | 7.0 |
| 22 | 355 TUFIT BENTONITIZAT | [illegible] | [illegible] | [illegible] | ∞ | ∞ | 3.1 | 11.9 | 6.0 | 4.3 | 3.8 | 2.6 | 3.2 | 5.9 | 5.1 | 11.6 | 4.7 | 9.0 | ∞ | 4.9 | 1.4 | 8.5 |
| 23 | 356 TUFIT | – | 12.8 | 3.6 | ∞ | ∞ | [illegible] | 11.9 | 5.6 | 1.3 | 2.6 | 0.8 | 3.6 | 1.9 | 6.0 | 4.2 | 5.0 | 6.5 | ∞ | 3.7 | – | 5.0 |
| 24 | 357 TUF | 1.0 | [illegible] | 7.8 | ∞ | ∞ | [illegible] | 11.7 | 3.7 | 3.7 | 3.8 | 2.0 | 2.8 | 3.6 | 4.9 | 6.9 | 3.6 | 7.6 | ∞ | 3.3 | 2.5 | 8.0 |

| Nr. crt. al probei | Nb | Mo | Ru | Rh | Ag | In | Sn | Cs | Ba | La | Ta | W | Re | Os | Ir | Pb | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Er | Yb | Lu | Th | U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lungimea de undă (Å) | 3358,4 | 3635,1 | 4460,0 | 3434,9 | 3280,7 | 4511,3 | 4524,7 | 4555,4 | 4431,9 | 3713,5 | 4574,3 | 4074,4 | 3460,5 | 3301,6 | 4426,3 | 3683,5 | 4222,6 | 4534,2 | 4446,6 | 4424,3 | 3688,4 | 4327,1 | 4008,0 | 3988,0 | 3507,4 | 4391,4 | 4362,1 |
| 7 | 8.9 | 5.0 | 0.8 | 3.9 | – | 2.3 | 1.9 | 2.8 | 1.7 | 5.1 | 0.8 | 4.3 | 1.5 | 1.7 | 2.2 | 4.3 | – | 2.9 | 1.5 | 1.0 | 6.4 | 2.4 | 0.6 | 2.6 | 8.0 | 1.1 | 1.3 |
| 8 | 9.7 | 4.8 | 0.9 | 2.0 | 0.6 | 1.4 | 1.0 | 2.8 | 0.7 | 5.8 | 0.8 | 2.5 | 1.0 | 2.0 | 1.9 | 3.9 | – | 2.3 | 0.6 | 0.7 | 4.2 | 1.5 | 0.7 | 1.5 | 5.8 | 0.4 | 0.6 |
| 9 | 12.0 | 6.5 | 1.5 | 4.7 | – | 3.7 | 2.8 | 5.0 | 2.2 | 6.5 | 1.2 | 6.8 | 1.7 | 1.1 | 2.5 | 5.8 | – | 5.2 | 1.9 | 1.7 | 9.0 | 2.7 | 1.6 | 4.0 | 9.8 | 1.8 | 1.7 |
| 10 | 12.5 | 6.1 | 1.6 | 4.0 | – | 3.2 | 2.5 | 5.6 | 2.0 | 7.5 | 1.2 | 6.3 | 1.4 | 1.1 | 3.7 | 5.3 | – | 5.5 | 1.6 | 1.4 | 8.1 | 2.1 | 2.0 | 3.9 | 8.9 | 0.8 | 1.6 |
| 11 | 11.2 | 3.9 | 1.6 | 2.6 | 0.7 | 2.7 | 1.8 | 4.2 | 1.2 | 5.3 | 0.8 | 2.9 | 1.0 | 1.2 | 4.1 | 3.2 | 0.3 | 3.4 | 1.0 | 1.4 | 5.2 | 1.6 | 2.2 | 2.7 | 7.3 | 0.6 | 0.6 |
| 12 | 11.8 | 6.1 | 3.1 | 3.6 | 0.7 | 3.7 | 3.1 | 6.9 | 2.2 | 7.8 | 1.2 | 6.0 | 1.5 | 3.0 | 5.8 | 5.8 | – | 5.8 | 1.7 | 1.7 | 7.1 | 4.5 | 2.3 | 3.9 | 8.6 | – | 1.5 |
| 13 | 10.6 | 6.7 | 1.4 | 2.2 | 0.8 | 1.7 | 1.1 | 2.7 | 1.8 | 8.6 | 0.7 | 4.7 | 1.7 | 2.8 | 3.7 | 3.1 | – | 3.0 | 1.2 | 0.9 | 3.2 | 1.9 | 1.7 | 3.4 | 4.1 | – | 1.4 |
| 14 | 10.3 | 5.2 | 1.2 | 2.4 | 0.8 | 1.4 | 1.2 | 2.4 | 1.3 | 6.7 | 0.6 | 3.7 | 1.3 | 1.6 | 2.6 | 2.5 | – | 2.4 | 1.3 | 0.9 | 4.7 | 1.4 | 1.4 | 2.4 | 3.7 | 0.6 | 1.4 |
| 15 | 9.5 | 5.5 | 1.0 | 3.3 | 1.0 | 1.7 | 1.3 | 2.0 | 1.8 | 7.2 | 0.7 | 3.8 | 2.2 | 0.6 | 1.5 | 2.9 | – | 2.2 | 1.5 | 0.6 | 5.7 | 1.3 | 1.0 | 2.3 | 3.5 | 0.9 | 0.6 |
| 16 | 3.8 | 5.5 | 1.9 | 4.6 | – | 1.8 | 2.2 | 4.2 | 3.4 | 8.8 | 1.1 | 6.0 | 3.5 | 0.8 | – | 5.5 | – | 1.5 | 2.9 | 1.4 | 8.8 | 1.6 | 0.4 | 3.5 | 3.9 | 6.9 | 0.7 |
| 17 | 12.7 | 7.5 | 1.9 | 3.3 | 1.3 | 2.5 | 1.9 | 2.9 | 2.5 | 3.6 | 0.8 | 6.0 | [illegible] | 2.0 | 4.1 | 4.3 | – | [illegible] | 2.1 | 1.2 | 7.0 | 2.2 | 2.3 | 3.8 | 4.8 | 0.8 | 0.7 |
| 18 | 12.9 | 6.8 | 2.1 | 2.8 | 1.4 | 2.1 | 1.5 | 2.9 | 1.3 | 8.2 | 0.7 | [illegible] | 1.6 | [illegible] | 4.6 | [illegible] | – | 3.1 | 1.5 | 1.4 | 5.8 | 2.5 | 2.1 | 3.0 | 4.5 | 0.7 | 1.0 |
| 19 | 12.1 | 5.2 | 0.9 | 2.7 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 2.7 | 1.5 | 6.7 | 0.8 | 3.1 | 1.7 | 1.9 | 3.1 | 2.8 | 0.3 | 2.7 | 0.3 | 1.0 | 5.5 | 1.3 | 1.7 | 2.5 | 4.0 | 0.6 | 0.7 |
| 20 | 10.0 | 4.4 | 0.6 | 2.9 | 0.3 | 1.4 | 1.2 | 2.0 | 1.3 | 5.5 | 0.7 | 2.6 | 1.9 | 3.7 | 1.4 | 2.5 | – | 2.2 | 1.1 | 0.5 | 4.5 | 0.5 | 0.9 | 1.6 | 3.4 | 0.5 | 4.7 |
| 21 | 8.2 | 4.4 | 0.8 | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 0.8 | 1.6 | 1.1 | 4.6 | 0.6 | 1.9 | 1.2 | 3.7 | 1.3 | 2.0 | 0.3 | 1.5 | 0.6 | 0.4 | 3.4 | 0.9 | 0.5 | 1.2 | 2.7 | 0.5 | 2.6 |
| 22 | 10.0 | 5.3 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 2.3 | 1.6 | 5.9 | 0.5 | 2.0 | 1.2 | 2.3 | 3.3 | 2.8 | – | 2.0 | 1.1 | 0.8 | 3.0 | 2.6 | 1.2 | 1.9 | 2.8 | – | 1.3 |
| 23 | 4.4 | 3.1 | 0.6 | 4.1 | – | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 2.1 | 5.5 | 0.7 | 3.4 | 2.7 | 1.2 | – | 3.7 | – | 1.3 | [illegible] | 0.7 | 5.8 | 0.6 | 0.3 | 1.7 | 2.5 | 1.1 | 0.8 |
| 24 | 8.6 | 4.4 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 1.1 | 0.8 | 2.1 | 1.3 | 5.0 | 0.3 | 2.1 | 1.8 | 2.0 | 3.8 | 2.4 | – | 1.8 | 1.1 | 0.7 | 3.3 | 1.6 | 2.7 | 1.8 | 2.7 | – | 1.1 |

● În cadrul orizontului superior al gresiei de Kliwa (fig. 3–5), în pachetul litologic I, din bază, se remarcă prezența unor tufuri bogat zeolitifere cu stilbit și natrolit, intens alterate, la care mineralele argiloase sînt reprezentate prin caolinit, montmorillonit și interstratificări de illit-montmorillonit. Ca minerale detritice ce apar în cantitate redusă se observă, pe lîngă cuarț și muscovit, cristobalit și tridimit cu semnificația genezei vulcanice sigure.

● În pachetul litologic II smectitele sînt în cantitate mai mare față de zeoliți (mordenit,

Pe ansamblu, se remarcă bogăția, ca număr și ca varietate de specii minerale, a zeoliților din intercalațiile cineritice ale orizontului superior al gresiei de Kliwa, comparativ cu celelalte orizonturi.

Prezența elementelor chimice rare – a lantanidelor și a celor radioactive – ,determinate prin analiza chimico-spectrală (tab. 2), are de asemenea pondere însemnată.

**Ocurență, corelare, paleogeografie, geneză**

Nivelele cineritice de natură acidă din jumătatea superioară a coloanei stratigrafice oligocene se regăsesc aproape regulat atît pe trans-

versală, cît și pe direcția unităților de Tarcău și a cutelor marginale (Doamna). Astfel, apar în faciesul intern al stratelor de Pucioasa, Izvoarele și Vinețișu. Corelarea s-ar putea face și cu cineritele din Depresiunea Getică — stratele de Gura Văii (E. Cristescu, 1944, din Gr. Alexandrescu, 1981), cu cineritele din partea de nord-vest a Depresiunii Transilvaniei — stratele de Cuzăplac (Sîngiorgiu de Meseșu), V. Agriju (Moisescu, 1980, din Gr. Alexandrescu, 1981), Moigrad (I. Mirza, N. Meszaroș, L. Ghergari, 1988) precum și cu cinerite din Maramureș (Motaș, 1986).

Ca și în celelalte orizonturi ale Oligocenului se apreciază ca fiind mai largă distribuția stratigrafică și spațială a cineritelor, dacă luăm în considerație dezvoltarea rocilor silicioase conexe: menilite, diatomite — cu precădere în orizontul superior al gresiei de Kliwa.

Sedimentarea materialului cineritic a avut loc în contextul unor depuneri turbiditice, cu adîncimi de bazin aflate în scădere spre finele Oligocenului. Materialul sedimentar, cu surse din vorland pentru gresia de Kliwa sau din aria continentală opusă și din vorland pentru cel din orizontul de Podu Morii, era redistribuit de curenți transversali și oblici pe structurile tectonice.

Mișcări tectonice au creat particularități în bazinul marin și o anumită evoluție și recurență a faciesurilor: siltitic marnos, marnocalcaros, arenitic, în orizontul Podu Morii, și oxidant arenitic cu episoade euxinice-lutitice, în orizontul Kliwa superior.

Contaminarea diferită a cenușii vulcanice cu materialul sedimentar, particularitățile mediului de depunere au implicații în gradul diferit de alterare a intercalațiilor de piroclastite.

Referitor la geneză amintim ipotezele vulcanismului intracarpatic premergător celui neogen și unui vulcanism extracarpatic din topituri, formate pe faliile de la contactul blocurilor componente ale subplăcilor moesică și est-europeană. De menționat că nivelul cineritic puternic de la partea superioară a stratelor de Podu Morii, regăsit constant în formațiuni similare din întreaga arie a Carpați-

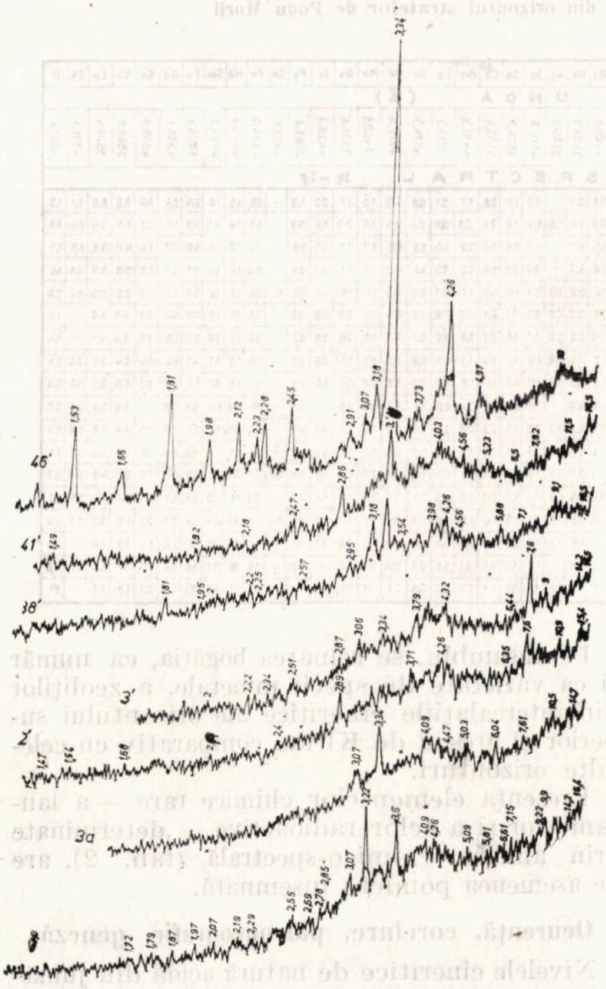


Fig. 3. Difractograme de raze X ale unor probe din orizontul Kliwa superior.

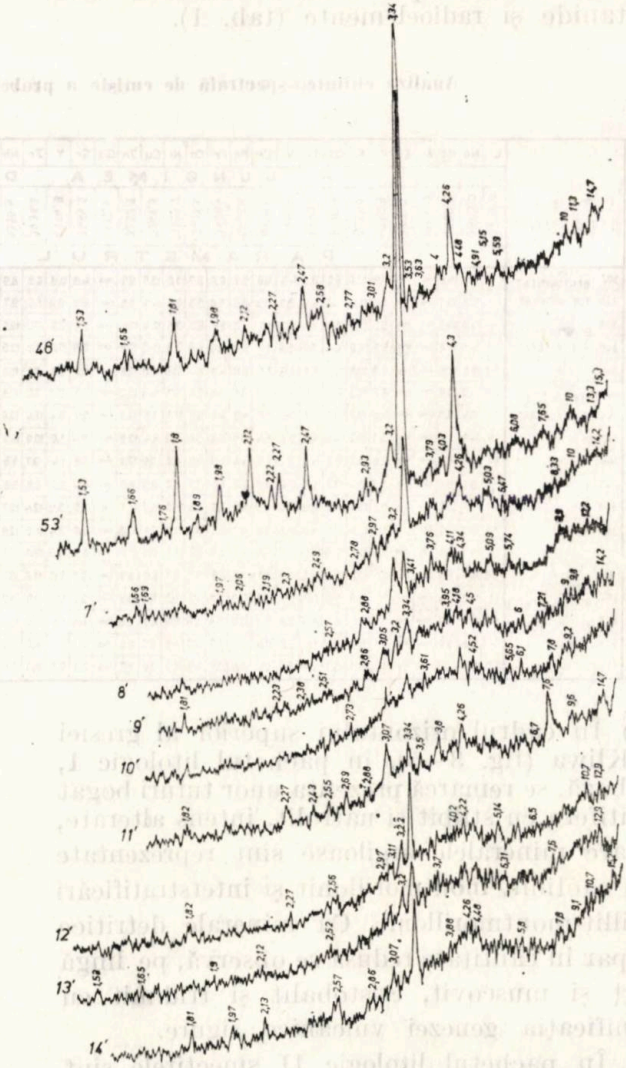


Fig. 4. Difractograme de raze X ale unor probe din orizontul Kliwa superior.

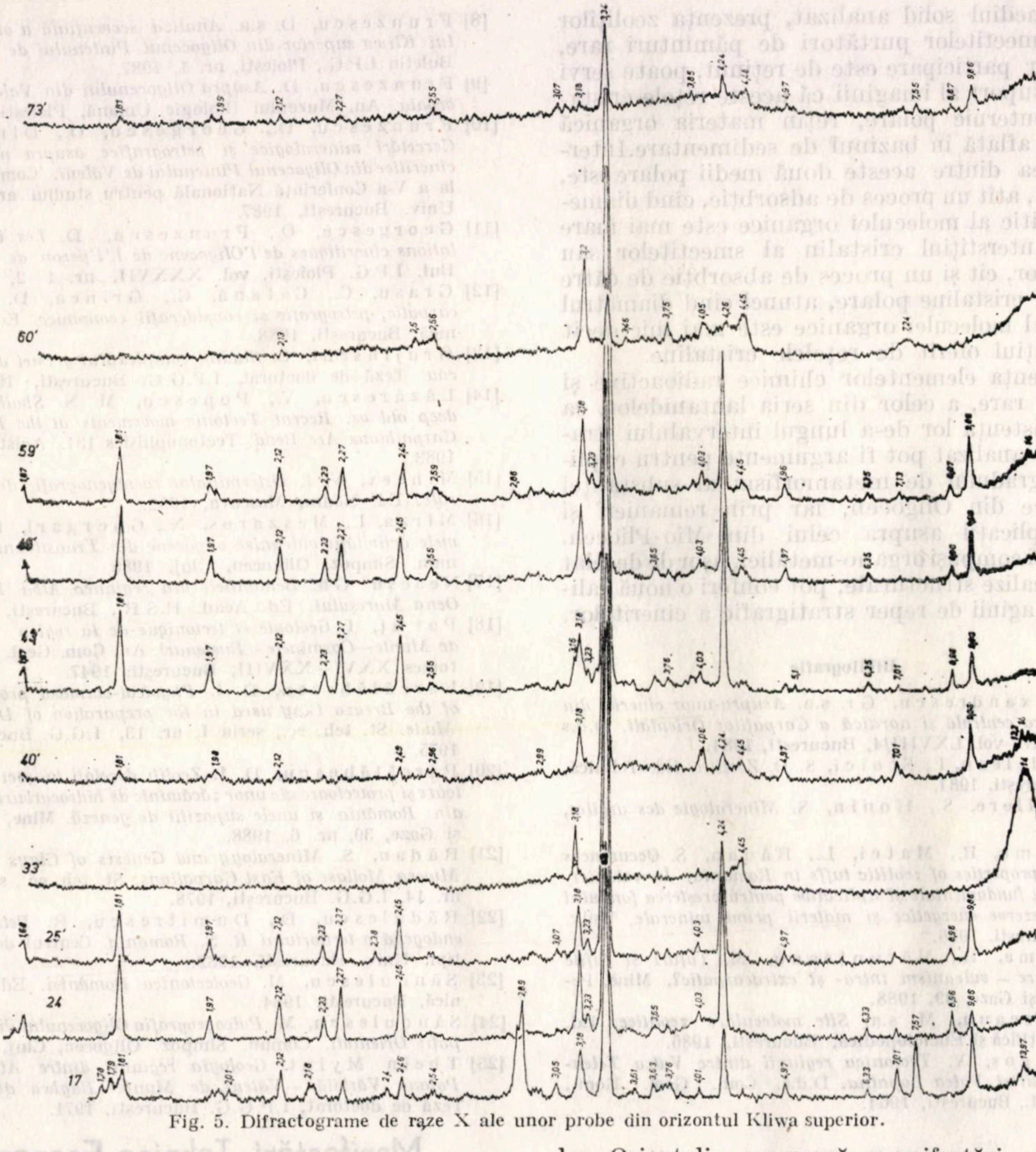


Fig. 5. Difractograme de raze X ale unor probe din orizontul Kliwa superior.

*Tabelul 2*

**Analiza chimico-spectrală de emisie a probelor din orizontul Kliwa superior**

KLIWA SUPERIOR

| Nr. crt. al probei | PROBA LITOLOGIA | Na | Mg | Al | Si | P | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Pd | Sr | Y | Zr | Nb | Ru | Rh | Ag | In | Sn | Cs | Ba | La | Ta | W | Os | Ir | Pb | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Er | Yb | Lu | U | Th |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 43' tuf alterat | 2,7 | 1,1 | ∞ | ∞ | 0,3 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,4 |
| 2 | 44' tuf | 4,4 | 2,6 | ∞ | ∞ | 2,1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,9 |
| 3 | 45' tuf | 4,7 | 3,3 | ∞ | ∞ | 2,7 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,8 |
| 4 | 46' tuf | 4,5 | 2,3 | ∞ | ∞ | 0,9 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,5 |
| 5 | 48' tuf | 4,9 | 1,7 | ∞ | ∞ | 0,4 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,5 |
| 6 | 48" tuf | 5,9 | 3,2 | ∞ | ∞ | 0,9 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,7 |
| 7 | 51' tufit | 6,2 | 2,8 | ∞ | ∞ | 0,7 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,6 |
| 8 | 53' [illegible] | 4,1 | 2,3 | ∞ | ∞ | 1,6 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 4,5 |
| 9 | 54' tufit | 2,7 | [illegible] | ∞ | ∞ | 0,9 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 2,3 |
| 10 | 55' tuf | 2,2 | 0,9 | ∞ | ∞ | 0,5 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,6 |
| 11 | 57' [illegible] | 4,1 | 2,8 | ∞ | ∞ | 3,3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,2 |
| 12 | 59' tuf | 4,1 | 2,8 | ∞ | ∞ | 3,3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,5 |
| 13 | 60' [illegible] | 2,7 | 2,3 | ∞ | ∞ | 1,2 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,9 |
| 14 | 63' tuf | 5,2 | 3,6 | ∞ | ∞ | 1,9 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,8 |
| 15 | 64+14' tuf | 5,6 | 2 | ∞ | ∞ | 0,9 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,6 |
| 16 | 65'+13' [illegible] | 5,7 | 2,5 | ∞ | ∞ | 1,3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,5 |
| 17 | 66' tufit | 5,9 | 3,6 | ∞ | ∞ | 1,5 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,7 |
| 18 | 67+12' [illegible] | 6,1 | 2,6 | ∞ | ∞ | 2,1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,6 |
| 19 | 68' tuf | 4,5 | 1,8 | ∞ | ∞ | 0,7 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,4 |
| 20 | 69 tuf | 5,2 | 1,7 | ∞ | ∞ | 0,4 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,4 |
| 21 | 70'+9' tuf | 5,1 | 1 | ∞ | ∞ | 0,3 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,4 |
| 22 | 71' tuf | 4,6 | 1 | ∞ | ∞ | 0,3 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,3 |
| 23 | 71'+7' tuf | 4,4 | 3,5 | ∞ | ∞ | 0,8 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,3 |
| 24 | 73' [illegible] | 1,7 | 1,4 | ∞ | ∞ | 0,3 | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | - | - | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0,3 |

lor Orientali, sugerează manifestări puternic explozive (acide) punctiforme, probabil de la interiorul arcului carpatic.

## Concluzii

În timpul depunerii orizontului stratelor de Podu Morii a existat o activitate ritmică slabă în treimea inferioară, puternică în treimea medie și un fenomen exploziv foarte puternic, de mai scurtă durată, spre finele perioadei.

Pe durata depunerii orizontului superior al gresiei de Kliwa au existat șapte intervale de paroxism, dominante fiind cele din partea mediană a perioadei.

La scară globală se remarcă compoziția constant acidă a cineritelor. Ponderea mare a zeoliților din orizontul Kliwa superior indică un grad avansat de alterare a materialului cineritic.

În mediul solid analizat, prezența zeoliților și a smectitelor purtători de pămînturi rare, a căror participare este de reținut, poate servi drept suport al imaginii că aceste rețele cristaline, puternic polare, rețin materia organică polară aflată în bazinul de sedimentare. Interacțiunea dintre aceste două medii polare este, de fapt, atît un proces de adsorbție, cînd diametrul critic al moleculei organice este mai mare decît interstițiul cristalin al smectitelor sau zeoliților, cît și un proces de absorbție de către rețelele cristaline polare, atunci cînd diametrul critic al moleculei organice este mai mic decît interstițiul oferit de rețelele cristaline.

Prezența elementelor chimice radioactive și a celor rare, a celor din seria lantanidelor, ca și persistența lor de-a lungul intervalului stratigrafic analizat pot fi argumente pentru explicarea gradului de metamorfism al substanței organice din Oligocen, iar prin remanieri și cu implicații asupra celui din Mio-Pliocen.

Acești compuși organo-metalici, ușor de decelat prin analize structurale, pot conferi o nouă calitate imaginii de reper stratigrafic a cineritelor.

**Bibliografie**


[1] Alexandrescu, Gr. ș.a. *Asupra unor cinerite din partea centrală și nordică a Carpaților Orientali.* D.d.s I.G.G., vol. LXVIII/4, București, 1984.

[2] Bedelean, I., Stoici, S. D. *Zeoliții.* Ed. Tehnică, București, 1984.

[3] Caillere, S., Honin, S. *Mineralogie des argiles,* 1963.

[4] Cosma, R., Matei, L., Rădan, S. *Occurences and properties of zeolitic tuffs in Romania.* În vol. *Cercetări fundamentale și aplicative pentru creșterea fondului de rezerve energetice și materii prime minerale.* Univ. București, 1986.

[5] Cosma, R., Mărunțeanu, M. *Tufuri și tufite terțiare — vulcanism intra- și extracarpatic?.* Mine, Petrol și Gaze, 39, 1988.

[6] Crucecanu, M. ș.a. *Site moleculare zeolitice.* Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1986.

[7] Dragoș, V. *Tectonica regiunii dintre Valea Teleajenului și Valea Lopatna.* D.d.s. Com. Geol. Rom., vol. L, București, 1964.

[8] Frunzescu, D. ș.a. *Analiza secvențială a orizontului Kliwa superior din Oligocenul Pintenului de Văleni.* Buletin I.P.G., Ploiești, nr. 1, 1987.

[9] Frunzescu, D. *Asupra Oligocenului din Valea Zîmbroaia.* An. Muzeului Biologie Umană, Ploiești, 1987.

[10] Frunzescu, D., Georgescu, O., Dinu, C. *Cercetări mineralogice și petrografice asupra nivelelor cineritice din Oligocenul Pintenului de Văleni.* Comunicare la a V-a Conferință Națională pentru studiul argilelor, Univ. București, 1987.

[11] Georgescu, O., Frunzescu, D. *Les intercalations cinéritiques de l'Oligocène de L'Eperon de Văleni.* Bul. I.P.G. Ploiești, vol. XXXVII, nr. 1—2, 1985.

[12] Grasu, C., Catană, C., Grinea, D. *Flișul carpatic, petrografie și considerații economice.* Ed. Tehnică, București, 1988.

[13] Grujinschi, C. *Studiul complexului gresiei de Tarcău.* Teză de doctorat, I.P.G.G. București, 1972.

[14] Lăzărescu, V., Popescu, M. N. *Shallow vs. deep old vs. Recent Tectonic movements at the Eastern Carpathians Arc Bend.* Tectonophisics 131, Amsterdam, 1983.

[15] Miheev, V. I. *Determinator roentgenografic de minerale.* Ed. Nedra, Moscova, 1952.

[16] Mirza, I., Meszaroș, N., Ghergari, L. *Urmele activității vulcanice oligocene din Transilvania.* Comun. Simpoz. Oligocen, Cluj, 1988.

[17] Neacșu Gh. *Bentonitele din regiunea Alba Iulia—Ocna Mureșului.* Ed. Acad. R.S.R., București, 1969.

[18] Păt ț, I. *Geologie et tectonique de la region Văleni de Munte—Cosminele—Bușteni.* An. Com. Geol. Rom., tomes XXVI—XXVIII, București, 1947.

[19] Pârcălăbescu, D. I. *Physical-chemical properties of the Breaza Clay used in the preparation of Drillind Mude.* St. teh. ec., seria I, nr. 13, I.G.G. București, 1975.

[20] Pârcălăbescu, D. I. *Zeoliți decelați în roci colectoare și protectoare ale unor zăcăminte de hidrocarburi fluide din România și unele supoziții de geneză.* Mine, Petrol și Gaze, 39, nr. 6, 1988.

[21] Rădan, S. *Mineralogy and Genesis of Clays in the Miocen Mollase of East Carpatians.* St. teh. ec., seria I, nr. 14, I.G.G. București, 1978.

[22] Rădulescu, D., Dumitrescu, R. *Petrologia endogenă a teritoriului R. S. România.* Centrul de multipl. Univ. București, 1982.

[23] Săndulescu, M. *Geotectonica României.* Ed. Tehnică, București, 1984.

[24] Săndulescu, M. *Paleogeografia Oligocenului din Carpații Orientali.* Comun. Simpoz. Oligocen, Cluj, 1988.

[25] Thein Myint. *Geologia regiunii dintre Aluniș—Poiana Vărbilău—Văleni de Munte—Bughea de Sus.* Teză de doctorat, I.P.G.G. București, 1971.


## Manifestări Tehnico-Economice

Întreprinderea de Producție Industrială pentru Construcții Căi Ferate Harghita (I.P.I.C.C.F.H.) din Miercurea-Ciuc, din subordinea Centralei Antrepriză Generală de Construcții Căi Ferate București din cadrul Ministerului Transportului și Telecomunicațiilor, a organizat în ziua de 3 august curent o prezentare în exploatare a transportorului cu bandă pe cablu de oțel la Balastiera Ionești (localitatea Găiești, județul Dîmbovița). La această manifestare au participat cadre de conducere și specialiști de la unitățile Centralei de Construcții Căi Ferate și din ramurile industriilor miniere, siderurgice, energiei electrice, materialelor de construcții, construcțiilor industriale, lianților și azbocimentului, construcțiilor portuare — actuali și posibili viitori beneficiari ai noului produs — precum și reprezentanți ai Comitetului de Stat al Planificării și Consiliului Național al Apelor.

Acțiunea a fost deschisă de tovarășul *Ion Cristescu* — șeful Secției de producție industrială Ionești care, în cuvîntul său, a prezentat profilul și dinamica producției secției respective, subliniind contribuția deosebită a transportorului cu bandă pe cablu tractor de oțel la realizarea acesteia.

În continuare inginerul *Stan David*, director tehnic în Centrala Construcții Căi Ferate a transmis participanților salutul conducerii Ministerului Transportului și Telecomunicațiilor și al C.C.C.F., arătînd că produsul realizat de specialiștii I.P.I.C.C.F.H,. obținut în preajma celor trei mari evenimente din viața partidului și statului nostru — 24 de ani de la Congresul al IX-lea al Partidului Comunist Român, aniversarea a 45 de ani de la revoluția de eliberare socială și națională, antifascistă și antiimperialistă și Congresul al XIV-lea al P.C.R. — se înscrie pe linia modernizării proceselor de producție în vederea transpunerii în viață a directivelor și orientărilor secretarului general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu.

Noua soluție constructivă, caracteristicile tehnice, avantajele tehnico-economice, precum și domeniile de aplicare a acesteia au fost prezentate de inginerul *Racoși Zoltan* — directorul Întreprinderii de Producție Industrială pentru Construcții Căi Ferate — care a subliniat și aportul deosebit al specialiștilor de la I.M.M.U.M. Baia Mare și al celor de la Fabrica de Cauciuc Baraolt în obținerea acestui produs în condiții de „predare la cheie".

A urmat apoi demonstrația practică a transportorului, urmărindu-se modul lui de comportare pe un traseu complicat, cu o lungime de 2,7 km, după care, la Centrul de Cultură Socialistă Cîntarea României din Găiești s-au purtat discuții de specialitate.

În cadrul discuțiilor purtate, la care au luat cuvîntul și reprezentanți ai Centralei Minereurilor Baia Mare, Centralei Minereurilor Deva, Întreprinderii Miniere Horezu, Institutului de Cercetări și Proiectări Miniere pentru Substanțe Nemetalifere Cluj-Napoca și alții, s-a dat o înaltă apreciere produsului respectiv, subliniindu-se avantajele nete ale acestuia în comparație cu alte mijloace de transport, precum și multiplele domenii de utilizare.

# Evoluţia producţiei de ţiţei între anii 1914—1944

Distrugerile provocate în timpul primului război mondial au avut un impact puternic asupra producţiei de ţiţei a României. De la 1 810 171 t, extrase în anul anul 1914, s-a ajuns la 724 230 t, în anul 1917. Similar, producţia judeţului Prahova a scăzut de la 1 572 262 t în anul 1914 la 579 927 tone în 1917. (*Statistica Minieră a României pe anul 1931* Institutul de Statistică, Bucureşti, 1932, p. 35). Schela Ţintea a produs 86 689 t în anul 1914, respectiv 92 468 t în anul 1915, pentru ca, după distrugerile din anul 1916, să coboare la 17 083 t în anul 1917. Schela Băicoi a avut următoarea evoluţie : 67 424 t în anul 1914, 178 068 t în 1915, 103 583 t în 1916 şi 67 420 t în 1917 (M. Pizanty, *Aria exploatării petroliere în România*. Bucureşti, Tiparul Cartea Românească, 1938, p. 40). În anul 1915 schela Băicoi era pe locul 6 în regiunea a IV-a minieră, schela Ţintea pe locul 7 (mai produceau aici în acel an numai societăţile „Orion" şi „Alpha"), (*Argus*, nr. 1488 din 14 ianuarie 1916, rubrica *Cronica Petrolului*). Unele sonde erau foarte productive. Cîteva dintre ele realizau în total 15 vagoane zilnic, iar una din sonde a ajuns la un record, producînd prin erupţie 30 000 t ţiţei în 45 de zile în anul 1916 (*El petroleo rumano. Cien anos de industria petrolera en Rumania*. Bucarest, Ediciones en lenguas extranjeros, 1959, p. 14; *Argus*, loc. cit.).

După primul război mondial, refacerea a fost destul de lentă, deoarece extinderea exploatărilor spre nord şi est, în zona Băicoi—Ţintea, s-a soldat cu rezultate slabe, deşi s-au săpat pînă la 1 500 m în Dacian, astfel că s-a trecut la reluarea vechilor sonde. Producţia schelei Ţintea evoluează astfel : 32 015 t în anul 1918, 32 639 t în anul 1919, 33 231 t în anul 1920, 36 478 t în anul 1921, 46 029 t în anul 1922, 52 863 t în anul 1923, 73 264 t în anul 1924, 79 072 t în anul 1925 şi 98 438 t în anul 1926, depăşindu-se abia acum nivelul antebelic, din anul 1914 (M. Pizanty, *Aria exploatării* ..., p. 40). Un succes mai notabil în forajele din partea estică l-a avut societatea „Orion", la o sondă de pe versantul estic al dealului Ţintea, cu o producţie de 150 de vagoane de ţiţei zilnic, ceea ce dovedea că resurse existau (Gh. I. Popescu, *Ţintea*, monografie, f.d., p. 20). Producţia schelei Ţintea a atins 133 710 t în anul 1927. Paralel, a crescut şi producţia schelei Băicoi, ajungînd la 100 438 t în anul 1924, 134 174 t în anul 1925 şi 158 783 t în anul 1926, cunoscînd o scădere la 128 593 t în anul 1927. Explicaţia creşterii generale constă în intensificarea remarcabilă a activităţii în zonă, în Ţintea activînd acum 13 societăţi petroliere, iar în Băicoi 30, din totalul de 62 din judeţul Prahova. (*Moniteur du Petrole Roumaine*, nr. 6, 1928, p. 450—451 ; Idem, nr. 3, 1928, p. 200 sq. ; M. Pizanty, p. 40). Aşadar, al doilea an de vîrf în producţia schelei Băicoi, după anul 1913, a fost anul 1926, iar în producţia schelei Ţintea anul 1927.

Criza economică din anii 1929—1933 a dus la fluctuaţii şi, în general, la o scădere a producţiei în zona Băicoi—Ţintea, semn al „oboselii" vechilor zăcăminte, trecîndu-se la căutarea de noi zăcăminte. Producţia schelei Băicoi a scăzut de la 86 563 t în anul 1929 (cu o creştere temporară în 1930) la 58 754 t în anul 1933, iar a schelei Ţintea de la 89 668 t în anul 1929 la 44 825 t în anul 1933 (M. Pizanty, p. 25 şi 40). S-au apreciat pe atunci următoarele rezerve petroliere în zona Băicoi-Ţintea : 200 ha cu 900 000 t ţiţei în Dacian şi 600 ha cu 3 000 000 tone în Meoţian (M. Pizanty, *Le pétrole en Roumanie* Bucureşti, I.R.P., 1933, p. 199). Accesul destul de dificil la zăcămintele din zonă şi necesitatea unor lucrări noi de explorare şi foraj nu au permis o redresare rapidă a situaţiei. Producţia schelei Băicoi a continuat să scadă pînă în anul 1935 la 47 217 t), la fel şi a schelei Ţintea (la 35 130 t în anul 1935), după care a început revirimentul : în anul 1936 schela Băicoi produce 47 553 t, iar schela Ţintea 41 254 tone, pentru ca în anul 1937 schela Băicoi să producă 62 297 t, iar schela Ţintea 164 201 t (de patru ori mai mult decît în anul precedent). Explicaţia rezidă, în primul rînd, în acţiunea hotărîtă a societăţii „Unirea" de a săpa noi sonde la mare adîncime (în Meotic). Cele cinci sonde săpate la o adîncime de 2 181—2 410 m au erupt cu un debit de 20—40 vagoane/zi, aducînd la suprafaţă 15 000 vagoane de ţiţei. Era dovada clară că subsolul zonei Băicoi—Ţintea—Lilieşti dispunea încă de mari resurse. De altfel, în anul 1938, G. Macovei semnala însemnătatea zăcămintelor din flancul de sud al structurii Lilieşti, arătînd totodată că diapirismul exagerat al zonei Băicoi—Ţintea se încadra în categoria de structură din cele mai bogate ale ţării, în această categorie intrînd şi zăcămintele de la Moreni—Gura Ocniţei, Ochiuri şi Floreşti. Ca urmare, în anul 1938 a început o activitate intensă de foraj. În primele nouă luni ale acelui an, în zona Ţintea se înregistrează cea mai intensă activitate de foraj din România (68 000 m foraţi). Au început forajele şi în Dacian II. Prin sistemul Rotary se puteau efectua foraje înclinate, lucrîndu-se cu noroi, pînă la 3 200—3 400 m. În anul 1940 existau în ţară 11 sonde care depăşeau adîncimea 3 000 m şi toate erau în zona aceasta, anume nouă la Ţintea şi două la Lilieşti (perimetrul-tampon între Ţintea şi Băicoi). În general însă, sondajele de explorare au rămas puţine faţă de cele de exploatare, ceea ce indica tendinţa societăţilor petroliere de a „merge" pe zăcăminte sigure şi a limita riscul financiar cît mai mult posibil. (M. Pizanty, *Aria exploatării petroliere* ..., p. 40—42 ; Idem, *Consideraţiuni preliminare asupra sondajelor de explorare efectuate în România în perioada 1900—1947*, în *Moniteur du Pétrole Roumaine*, nr. 7 — 8, 1947, passim ; Gh. I. Popescu, p. 19—20 ; G. Macovei, *Les gisements du pétrole. Géologie, statistique, économie*. Paris, Masson et C-ie Éditeurs, 1938, p. 281—282).

În primii doi ani ai celui de-al doilea război mondial, care pentru România au fost de nebeligeranţă, a continuat la fel de intens forajul în schela Ţintea—Lilieşti : 96 724 mîn anul 1939 şi 75 260 m în anul 1940. Astfel, schela a ajuns la o înflorire fără precedent. În anul 1939 s-a obţinut o producţie de 1 148 840 t, iar în anul 1940 de 1 326 840 t, ceea ce situa schela Ţintea—Lilieşti pe primul loc în ţară (pe doi era Moreni—Piscuri cu 1 040 525 t, apoi Boldeşti, Ceptura etc.). Pentru comparaţie se poate arăta că în anul 1940 producţia judeţului Prahova era de 3 845 474 t, iar a României de 5 810 000 t. Tot comparativ, în anul 1939 forajul din zona Băicoi—Ţintea a reprezentat 53% din totalul forajului judeţului Prahova. Pe această bază, în anul 1940 schela Ţintea—Lilieşti a ajuns să realizeze aproape un sfert din producţia de petrol a României, dovedind cîtă dreptate avusese G. Macovei în previziunile sale. (*Scurtă privire asupra situaţiunii economice în anul 1940"* ; în *Buletinul Oficial al Camerei de Comerţ şi Industrie şi al Bursei Ploieşti*, Ploieşti, anul 1, nr. 12, 1941, p. 4 — 5 ; *Rumänischer Erdöl-Anzeiger*, nr. 9, 1942, p. 270).

În anii participării României la cel de-al doilea război mondial, producţia de ţiţei a regresat. De exemplu, producţia societăţii „Steaua-Română" a scăzut de la 7 649 vagoane în anul 1940 la 2 360 vagoane în anul 1943. Bombardamentele au afectat şi zona Băicoi—Ţintea : la 5 aprilie 1944 a fost bombardat Băicoiul, la 15 aprilie 1944 au fost lovite atît Ţintea, cît şi Băicoi (Gh.I. Popescu p. 42—43 ; Arhivele Statului Ploieşti, *Fond Prefectura Judeţului Prahova*, dos. 85/1944, nenumerotat, dos. 86/1944, nenumerotat, dos. 88/1944, nenumerotat).

În concluzie, producţia celor două schele a fost sinuoasă, alternînd scăderea cu creşterea. „Anii de glorie" au fost 1939—1940, cînd zona Băicoi—Ţintea a ajuns în fruntea exploatărilor petroliere româneşti. Era o performanţă remarcabilă, ţinînd seama de vechimea extragerii ţiţeiului în această zonă. Ea adăuga încă o filă la cele numeroase care i-au adus renumele.

**A. Moisin**

# ÎNTREPRINDEREA DE UTILAJ MINIER PETROȘANI

PETROȘANI, str. Republicii nr. 1, cod 2675, telefon 42820

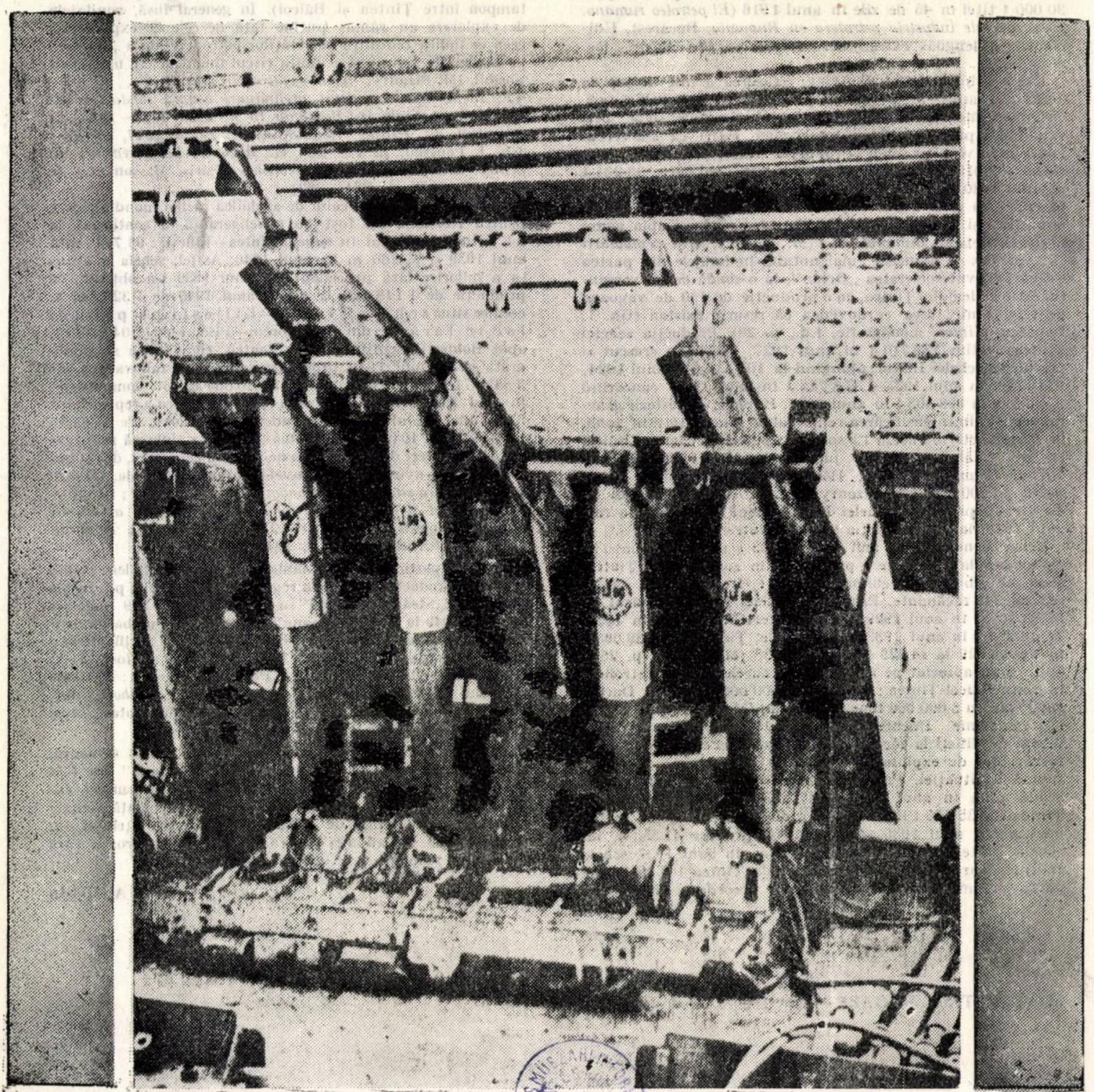
PRODUCE:

## INSTALAȚIE MOBILĂ DE PERFORARE TIP I.M.P. - 1

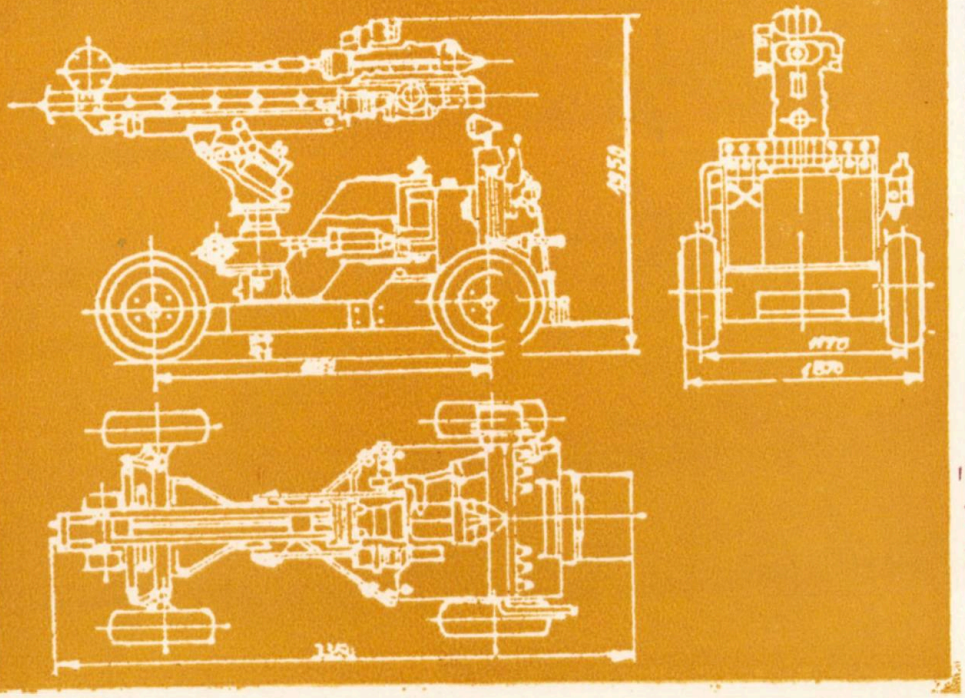
Caracteristici tehnice:

- secțiunea profilului galeriilor pentru care se recomandă, 4 ÷ 20 $m^2$;
- înălțimea maximă de perforare, 3430 mm;
- cursa perforatorului, 2165; 2780 mm;
- lungimea găurii de mină, 2000 ÷ 2600 mm;
- viteza de perforare în roci cu f=14, 0,8 ÷ 1,0 m/min;
- tipul perforatorului, P 125;
- ecartamentul instalației, 600 ÷ 630 mm;
- puterea motorului grupului hidraulic, 5,5 kW.

Produs nou.
Utilizat în special la lucrările de prospecțiuni geologice.



# UZINA DE UTILAJ MINIER CRISCIOR



MINISTERUL MINELOR

Centrala Minereurilor DEVA

UZINA DE UTILAJ MINIER CRISCIOR

Produce şi livrează, pe bază de comandă:

MASINA DE PERFORAT CU UN BRAT MARG 130 S

Maşina este folosită la perforări de găuri cu diametrul de 75-130 mm, ascendente, descendente şi în evantai, în subteran şi la suprafaţă, la temperaturi de -5 ÷ +35°C, cu acţionare pneumatică şi hidraulică şi deplasare pe pneuri.

Principalele caracteristici:

- lungimea totală în poziţie de transport, 3350 mm;
- lăţimea, 1370 mm;
- înălţimea de transport, 1950 mm;
- ecartament, 1170 mm;
- ampatament, 1950 mm;
- raza de manevră a braţului orizontal, 1300 mm;
- unghiul de rotire al braţului orizontal (stînga-dreapta), 120°;
- unghiul de rotire al coloanei, 230°;
- unghiul de manevră direcţie, 35°;
- garda la sol, 150 mm.

UUMR CRISCIOR,
str. Uzinei nr. 1,
tel. 51408, 51407,
cont 30.12.7.30.01
BNRSR - Brad.

# KOPEX

**Exportator-importator de mașini, echipamente, expertiză științifică și de inginerie, servicii, licențe, know-how.**

## Oferă

- mașini și echipamente pentru exploatarea substanțelor minerale în subteran și la zi, exploatarea țițeiului și a gazelor naturale ;
- mașini și echipamente pentru foraj și pentru prepararea mecanică a substanțelor minerale ;
- echipamente de salvare și de protecție ;
- mașini și echipamente, piese de schimb pentru alte ramuri industriale.

## Proiectează și construiește

- instalații complete pentru exploatarea minieră subterană și la zi pentru exploatarea țițeiului și a gazelor naturale ;
- mine ; construcții, dezvoltare, modernizare ;
- instalații complete pentru diferite ramuri industriale.

## Efectuează

- explorări geologice ;
- consultanță inginerească ;
- servicii de expertiză pentru orice ramură industrială.

1989 NOV 28

KOPEX

Adresa :

**KOPEX**

Intreprindere de construcții miniere în străinătate
Grabowa, 1
40—952, Katowice, POLONIA
Telefon : 581—031 ; 580—045
Telex : 315681
Fax : 580—040

**Vă invităm la standul nostru din Pavilionul O, la TIB'89**

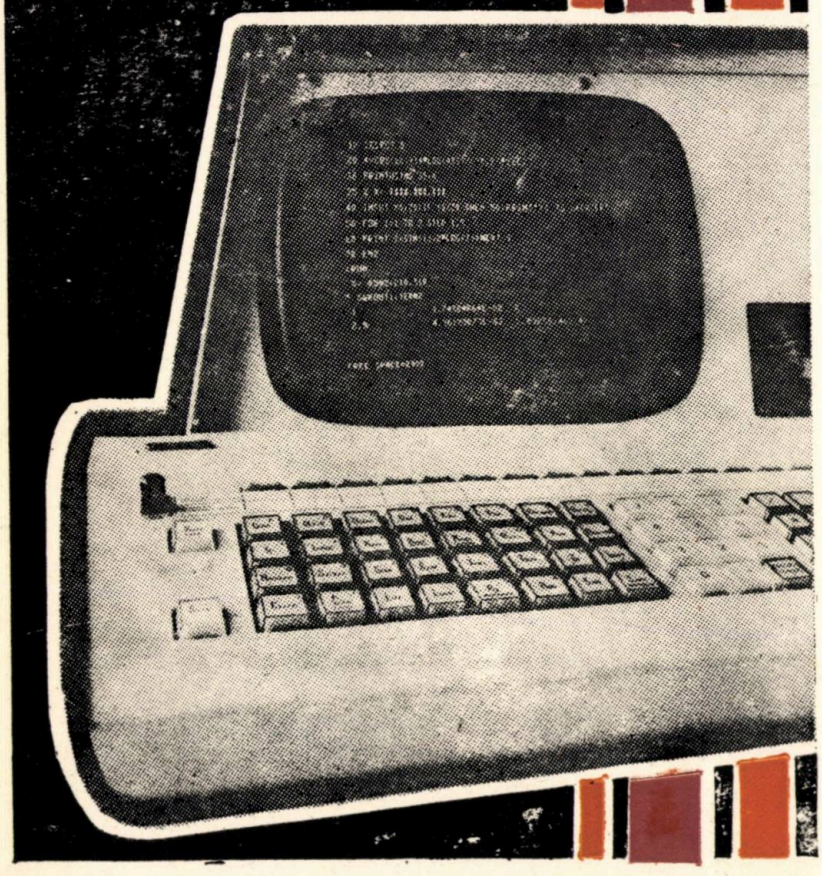
E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA * Vol. 40, octombrie 1989

10

# centrul de calcul si lucrari auxiliare



CENTRUL DE CALCUL SI LUCRARI AUXILIARE

Bucureşti, str. Biserica Amzei 23
telefon 59 70 60

Realizează pentru beneficiarii din ramura extractivă o gamă variată de lucrări prin:

ACTIVITATEA DE INFORMATICA

- proiectare şi implementare de produse informatice în domeniile: foraj sonde; producţie ţiţei şi gaze; distribuţie gaze; aprovizionare-desfacere, financiar-contabilitate, personal, retribuire şi altele.
- exploatarea curentă a produselor informatice pentru beneficiarii din sistem.

ACTIVITATEA INDUSTRIALA

- produce pentru instalaţiile şi utilajele din industria petrolieră o gamă diversificată de articole tehnice din cauciuc - pentru majoritatea acestora fiind singurul furnizor din economie care răspunde cerinţelor tuturor unităţilor din sectorul de petrol şi gaze.

ACTIVITATI AUXILIARE

- machete pentru obiective de investiţii şi tehnologii de producţie pentru industria extractivă de petrol şi gaze, lucrări de editare şi tehnoredactare, tipărire şi legătorie etc.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ANUL XL

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

Nr. 10 1989


## CUPRINS


*Almăşan, B., Mărunţeanu, C., Rusu Elena* **Modelul geotehnic al subsidenţei miniere din zona Vermeşti-sud (bazinul Comăneşti)** 465

*Mihai, D., Dinulescu, I., Manolea, Gh., Vîlculescu, I.* **Cinematica sistemelor de acţionare electrică reglabile de la excavatoarele cu roată cu cupe funcţionînd cu debit constant** 476

*Kheil, O.* **Consideraţii privind mecanismul de realizare a amalgamării aurului liber** 482

*Frunzescu, D., Pârcălăbescu, I.D., Georgescu, O., Nistor, I.* **Consideraţii genetice asupra calcarelor de Jaslo** 487

*Cristian, M., Ioniţă Alexandra, Rusu, V.* **Proiectarea şi executarea operaţiilor de stimulare cu grad sporit de dificultate** 492

*Nicolae, V.* **Calculul dimensiunilor optim economice ale aparatelor de înaltă presiune cu mantaua realizată din structuri multiple** 496

*Şerban, C.* **Troliu de intervenţie pentru sonde de mică adîncime, montat pe tractor şenilat, avînd sarcina în cablu la tobă de 3 tf** 500

**Informaţii**

**Din istoria petrolului românesc**



Preşedinte: ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; vicepreşedinţi: dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; membri: ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, redactor.


## REZUMATE


C.Z. 552.576 : 622.013.36 : 622.838.69

Almăşan, B., Mărunţeanu, C., Rusu Elena *Modelul geotehnic al subsidenţei miniere din zona Vermeşti-sud (bazinul Comăneşti)*

Se propune un model de studiu complex, geologic şi geotehnic, al fenomenelor de subsidenţă minieră la exploatarea zăcămintelor stratiforme de cărbune. Concluziile cercetării au demonstrat posibilitatea trecerii rezervelor geologice din pilierul localităţii Vermeşti în categoria rezervelor geologice de bilanţ şi a exploatării stratelor de cărbune fără dezafectarea localităţii.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.879.48—83

Mihai, D., Dinulescu, I., Manolea, Gh., Vîlculescu, I. *Cinematica sistemelor de acţionare electrică reglabile de la excavatoarele cu roată cu cupe funcţionînd cu debit constant*

Pornind de la legile de comandă extremal-optimale ale sistemelor de acţionare electrică de la mecanismul de pivotare şi de la roata cu cupe a excavatoarelor cu rotor, se face o analiză detaliată a mărimilor cinematice aferente. Rezultatele sînt utile în reconfigurarea sistemelor de acţionare electrică, o dată cu creşterea gradului de automatizare a utilajului.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 622.776

Kheil, O. *Consideraţii privind mecanismul de realizare a amalgamării aurului liber*

Se face o analiză detaliată a relaţiilor dintre mărimile energetice superficiale care caracterizează şi determină, în ansamblu, desfăşurarea amalgamării aurului şi apei, pe baza experimentelor efectuate, se evidenţiază justeţea concepţiei privind realizarea procedeului în ansamblu.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10,1989

C.Z. 552.541

Frunzescu, D., Pârcălăbescu, I. D., Georgescu, O., Nistor, I. *Consideraţii genetice asupra calcarelor de Jaslo*

Autorii prezintă studiul microscopic, optic, electronic şi mineralogic al calcarelor de Jaslo ce apar la diferite nivele ale orizonturilor oligocenului din pînza de Tarcău, pe probe prelevate din partea sudică a Carpaţilor Orientali. Se fac supoziţii de geneză şi se subliniază calitatea de reper stratigrafic a acestor calcare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 622.243.94

Cristian, M., Ioniţă Alexandra, Rusu, V. *Proiectarea şi executarea operaţiilor de stimulare cu grad sporit de dificultate*

Sînt prezentate rezultatele obţinute în şantier prin executarea unor operaţii de stimulare cu grad sporit de dificultate, în sonde cu adîncimi mai mari de 6 000 m, aplicînd programe, produşi şi tehnologii elaborate de I.C.P.P.G. Cîmpina, cu care s-au realizat importante economii valutare.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.695

Nicolae, V. *Calculul dimensiunilor optim economice ale aparatelor de înaltă presiune cu mantaua realizată din structuri multiple*

Metoda de calcul propusă de autor are caracter original şi stabileşte relaţiile de calcul pentru volumul minim de metal, respectiv raza interioară optimă a recipientului, în funcţie de elementele dimensionale şi parametrii de calcul.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.863

Şerban, C. *Troliu de intervenţie pentru sonde de mică adîncime, montat pe tractor şenilat, avînd sarcina în cablu la tobă de 3 tf*

Se prezintă un troliu construit să deservească sonde pînă la adîncimi de circa 1 200 m, montat pe grupul motopropulsor al tractorului S-651, produs de Întreprinderea de tractoare din Miercurea-Ciuc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

# CONTENTS


C.Z. 552.576 : 622.013.36 : 622.838.69

Almăşan, B., Mărunţeanu, C., Rusu Elena *The geotechnical model of mining subsidence in the Vermeşti — South area (the Comăneşti Basin)*

A complex geological and geotechnical model is proposed, regarding the mining subsidence phenomena in the case of stratified coal deposits. The conclusions of the research work have demonstrated the possibility of turning geological reserves from the pillar of the Vermeşti village into the cathegory of geological reserves which can be exploited, without evacuating the locality.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.879.48–83

Mihai, D., Dinulescu, I., Manole, Gh., Vîlculescu, I. *The cinematics of adjustable electrical driving systems of bucket wheel excavators, which have a constant flow*

Starting from the extreme-optimal laws of electrical driving systems of the rotating mechanism and the bucket wheel of rotor excavators, a detailed analysis of the respective cinematic values is performed. The results are used for the reconfiguration of electrical driving systems, as the machine becomes more and more automated.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 622.776

Kheil, O. *Some considerations regarding the mechanism of free gold amalgamation*

A detailed analysis of the relationships between the energetic superficial values which characterize and determine, on the whole, the gold amalgamation ; then, on the basis of the tests which have been carried out, the accuracy of the concept regarding the method in general is emphasized.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 552.541

Frunzescu, D.,Pârcălăbescu, I. D., Georgescu, O., Nistor I. *Some genetic considerations on the Jaslo limestone*

The authors present the microscopic, optical, electronic and mineralogic study of the Jaslo limestone which exist at different horizons of the Tarcău Oligocene, carried out on samples from the southern part of the East Carpathians. Some genetical suppositions are made and the stratigraphic quality of the limestone is emphasized.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 622.243.94

Cristian, M., Ioniţă Alexandra, Rusu, V. *The design and execution of stimulation operations having a high degree of difficulty*

The results which have been obtained on the site by executing some stimulation operations having a high degree of difficulty are presented. The operations have been carried out in wells more than 6000 m deep, making use of programs, products and technologies which have been conceived by the I.C.P.P.G. Cîmpina, which led to important hard currency savings.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.695

Nicolae, V. *The calculus of optimum economic dimensions of high pressure installations having a multiple structure casing*

The calculus method which has been proposed by the author has an original character and establishes the calculus relationship for the metal minimum volume, respectively the optimum interior radius of the vessel, depending on its dimensional elements and parameters.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.863

Şerban, C. *Emergency winch for small depth wells, mounted on a track tractor, having a steel rope load of 3 tons*

A winch which has been conceived for wells having a depth of up to 1200 m is presented ; it is mounted on the motopropulsive group of the S-651 tractor, manufactured by the Tractor Factory in Miercurea-Ciuc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989


# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 552.576: 622.013.36: 622.838.69

Алмэшан, Б., Мэрунцяну, К., Русу Елена *Геотехническая модель горного опускания в регионе Вермешть-юг (бассейн Комэнешть)*

Предлагается модель комплексного изучения — геологического и геотехнического — явлений горного опускания при разработке слоевых углеродных месторождений. Выводы исследования продемонстрировали возможности включения геологических резервов целика, находящегося около городка Вермешть, в категорию балансовых геологических резервов и эксплуатации резервов углерода без освобождения городка.

Ключевые слова: модель, горное опускание, Вермешть, углерод, месторождение, резерв, целик.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

УДК 621.879.48-83

Михай, Д., Динулеску, И., Маноля, Г., Вылкулеску, И. *Кинематика урегулируемых электроприводных систем экскаваторов с ковшовым колесом, с постоянной производительностью*

Исходя из экстремно-оптимальных закономерностей систем электрического привода механизма верчения и ковшового колеса роторных экскаваторов детально анализируются соответствующие кинематические величины. Результаты использованы для переконфигурации систем электрического привода одновременно с повышением уровня автоматизации оборудования.

Ключевые слова: кинематика, система, экскаваторы, производительность, привод, автоматизация.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

УДК 622.776

Кайл, О. *Соображения о механизме осуществления амальгирования свободного голота*

Детально анализированы отношения между поверхностными энергетическими величинами, характеризующими и определяющими процессы амальгирования золота и, на основе осуществляемых экспериментов, выявляется точность концепции об осуществлении способа.

Ключевые слова: осуществление, амальгирование, свободное золото, величина, отношение, эксперимент.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

УДК 552.541

Фрунзеску, Д., Пыркэлэбеску, И. Д., Джорджеску, О., Нистор, И. *Генетические соображения об известняках Жасло*

Авторы представляют микроскопическое, оптическое, электроническое и минералогическое изучение известняков Жасло, появляющих на разных уровнях горизонтов олигоцена в зоне Таркэу, на отбранных образцах из южной части Восточных Карпатов. Даны предположения генезиса и подчёркивается качество стратиграфического репера этих известняков.

Ключевые слова: генезис, известняк, Жасло, олигоцен, минералогическое изучение.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

УДК 622.243.94

Кристиян, М., Йоницэ Александра, Русу, В. *Проектирование и осуществление очень трудных операций стимулирования*

Представлены полученные результаты на стройке осуществлением некоторых очень трудных операций стимулирования в скважинах больших глубин 6000 м, применением программ, изделий и разработанных технологий Институтом исследования и проектирования для нефти и газов Кымпина, которыми получили важные валютные экономии.

Ключевые слова: скважина, стимулирование, результаты, технологии, изделия, институт Кымпина, экономия.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

УДК 621.695

Николае, В. *Расчёт оптимально-экономических размеров аппаратов высокого давления с кожухом, изготовленным из многих структур*

Предложенный расчётный метод имеет оригинальный характер и устанавливает расчётные отношения для минимального объёма металла, соответственно внутренй радиус сосуда в зависимости от размерных элементов и расчётных параметров.

Ключевые слова: расчёт, давление, аппарат, высокое давление, кожух, объём, металл, параметры.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

УДК 621.863

Шербан, К. *Лебёдка для интервенции на скважины небольшой глубины, смонтированная на гусеничном тракторе, имея 3 т.с. на барабане*

Представлена лебёдка, назначена для скважины с глубиной 1 200 м, смонтированна на мотоприводной группе трактора С-651, изготовленном Предприятием тракторов Мйеркуря-Чук.

Ключевые слова: лебёдка, скважина, гусеничный трактор.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

## SOMMAIRE

C.Z. 552.576 : 622.013.36 : 622.838.69

Almăşan, B., Mărunţeanu, C., Rusu Elena *Modèle géotechnique de la subsidence minière de la région Vermeşti-midi (bassin de Comăneşti)*

On propose un modèle d'étude complèxe, géologique et géotechnique, des phénomènes de subsidence minière pendant l'exploitation de gisements stratiformes de charbon. Les conclusions de la recherche ont démontré la possibilité du passage des réserves géologiques du pilier de la localité Vermeşti dans la catégorie des réserves géologiques de bilan et de l'exploitation des couches de charbon sans la désaffectation de la localité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

C.Z. 621.879.48—83

Mihai, D., Dinulescu, I., Manolea, Gh., Vîlcu-lescu, I. *La cinématique des systèmes d'actionnement électrique réglables des excavateurs à roue porte-godets fonctionnant à débit constant*

Partant des lois de commande extremale-optimales des systèmes d'actionnement électrique du mécanisme de pivotement et de la roue porte-godets des excavateurs, on fait une analyse détaillée des dimmensions cinématiques afférentes. Les résultats sont utiles dans la réconfiguration des systèmes d'actionnement électrique, en même temps avec l'augmentation du degré d'automatisation de l'outillage.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

C.Z. 622.776

Kheil, O. *Considérations concernant le mécanisme de réalisation de l'amalgamation de l'or libre*

On fait une analyse détaillée des relations entre les grandeurs énergétiques superficielles qui caractérisent et déterminent, en ensemble, la déroulation de l'amalgamation de l'or et, ensuite, en base des experiments éffectués, on met en évidence la vérité de la concéption concernant la réalisation du procédé en ensemble.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

C.Z. 552.541

Frunzescu, D., Pârcălăbescu, I. D., Georgescu, O., Nistor, I. *Considérations génératiques sur les calcites de Jaslo*

Les auteurs présentent l'étude microscopique, optique, électronique et minéralogique des calcites de Jaslo qui apparaissent aux différents niveaux des horizons de l'oligocène de la nappe de Tarcău, sur des échantillons prélevés de la partie de midi des Carpathes Orientaux. On fait des suppositions de génèse et on souligne la qualité de répère stratigraphique de ces calcaires.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

C.Z. 622.243.94

Cristian, M., Ioniţă Alexandra, Rusu, V. *La projéction et l'execution des opérations de stimulation à degré élevé de difficulté*

On présente les résultats obtenus dans des conditions de production par l'execution de certaines opérations de stimulation à degré élevé de difficulté, dans des puits à profondeures plus grandes de 6 000 m, en appliquant des programmes, des produits et des technologies élaborées par les spécialistes de I.C.P.P.G. Cimpina, qui ont permis la réalisation des économies valutaires importantes.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

---

C.Z. 621.695

Nicolae, V. *Le calcul des dimmensions optimales de point de vue économique des appareils de haute préssion à couverture réalisée en structures multiples*

La méthode de calcul proposée par l'auteur a un caractère original et établie les relations de calcul pour le volume minime de métale, respectivement le rayon intérieur optime du récipient en fonction des éléments dimmensionnels et des paramètres de calcul.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.863

Şerban, C. *Treuil d'intervention pour les puits de profondeur réduite, monté sur un tracteur sur chenilles, ayant la charge dans un câble de tambour de 3 tf*

On présente un treuil construit pour déservir des puits avec la profondeur jusqu'à env. 1 200 m, monté sur le groupe motopropulseur du tracteur S-651, produit par l'Entreprise de tracteurs de Miercurea Ciuc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

## INHALT

C.Z. 552.576 : 622.013.36 : 622.838.69

Almăşan, B., Mărunţeanu, C., Rusu Elena *Geotechnisches Modell der bergbaulichen Senkung in dem Bereich Vermeşti — Süd (Revier Comăneşti)*

Vorgeschlagen wird ein komplexes, geologische und geotechnische Studiummodell für die Erscheinungen der bergbaulichen Senkung bei dem Abbau von Kohlenflözlagerstätten. Die Folgerungen der Untersuchung haben die Möglichkeit der Betrachtung der geologischen Reserven aus dem Pfeiler der Ortschaft Vermeşti als Bilanzreserven und des Abbaus der Kohlenflöze ohne Umsiedlung der Ortschaft nachgewiesen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.879.48 — 83

Mihai, D., Dinulescu, I., Manolea, Gh., Vîlculescu, I. *Die Kinematik der verstellbaren elektrischen Antriebssysteme der Schaufelradbagger mit konstantem Mengenbetrib*

Auf Grundlage der extrem — optimalen Steuerungsregeln der elektrischen Antriebssysteme des Schwenkwerkes und des Schaufelrades bei den Schaufelradbaggern werden die zugehörige kinematischen Grössen ausführlich überprüft. Die Ergebnisse werden bei der Wiedergestaltung der elektrischen Antriebssysteme gleichzeitig mit der Erhöhung der Automatisierungsgrössen des Gerätes nutzbar.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 622.776

Kheil, O. *Betrachtungen über das Mechanismus der Amalgamierung des Freigoldes*

Überprüft werden ausführlich die Beziehungen zwischen den energetischen oberflächlichen Grössen, welche charakterisieren und bestimmen, im allgemeinen, die Durchführung der Goldamalgamation und dann auf Grundlage der erfolgten Versuche, wird die Richtigkeit der Konzeption des Verfahrens ausgezeichnet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 552.54

Frunzescu, D., Pârcălăbescu, I. D., Georgescu, O., Nistor, I. *Genetische Betrachtungen über die Kalksteine von Jaslo*

Die Verfasser stellen die mikroskopischen, optischen elektronischen und mineralogischen Untersuchungen der Kalksteine von Jaslo, vor, welche auf verschiedenen Ebenen der Horizonte des Oligozäns der Tarcău Nappe, in aus der südischen Seite der ostlichen Karpathen entnommenen Proben, auftreten. Es werden Genesisannahmen vorgestellt und die Rolle dieser Kalksteine als stratigraphisches Markzeichen wird unterzeichnet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 622.243.94

Cristian, M., Ioniţă Alexandra, Rusu, V. *Die Projektierung und Durchführung der Stimulationsvorgänge mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad*

Vorgestellt werden die auf der Stelle erhaltenen Ergebnisse als Folge einiger Stimulationsvorgänge mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad, in Bohrungen tiefer als 6000 m, unter Anwendung von ICPPG Cîmpina erarbeiteten Programmen, Mitteln und Technologien, mit welchen wesentliche Währungsersparnisse erreicht wurden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.695

Nicolae, V. *Die Berechnung der optimal — wirtschaftliche Abmessungen der Hochdruckgeräte mit Mantel aus vielfaltigen Strukturen*

Die von dem Verfasser vorgeschlagene Berechnungsmethode hat einen originalen Charakter und legt die Rechnungsbezie hungen für das minimale Metallumfang, bzw. den optimalen Innenradius des Behälters in Abhängigkeit von den dimensionalen Elementen und den Rechenparametern, fest.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

C.Z. 621.862

Şerban, C. *Eingriffshaspel für Bohrungen kleiner Teufe, montiert auf Raupenfahrwerk, mit einer Trommelkabelbelastung von 3 tp*

Vorgestellt wird eine Haspel für Eingriffe bei Bohrungen mit einer Teufe bis ca. 1200 m, montiert auf dem Antriebsaggregat eines Fahrwerkes S — 651 erzeugt bei dem Traktorenwerk von Miercurea-Ciuc.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 10, 1989

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104 C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti.

Grafica: A Socaciu

**Preţul: 13 lei/exemplar**

c. 1508

43 103

# Modelul geotehnic al subsidenței miniere din zona Vermești-sud (bazinul Comănești)

Prof. dr. doc. **B. Almășan**, asist. dr. **C. Mărunțeanu**, ing. **Elena Rusu**
Universitatea București

## I. Caracterizare geologică

Zona Vermești-Plopu este situată în partea central-estică a cuvetei Leorda — Văsiești — Dărmănești din bazinul Comănești. Formațiunile geologice aparțin fundamentului, umpluturii cuvetei și depozitelor superficiale (fig. 1).

*Depozitele fundamentului* aparțin unității de Tarcău și sînt de vîrstă eocenă și oligocenă.

● Eocenul, în facies de Tarcău, este alcătuit din gresii compacte, grosiere pînă în microconglomeratice, cenușii, micacee, slab calcaroase, depuse în bancuri separate prin intercalații subțiri de marno-argile verzi. Peste acest complex urmează în continuare stratele de Plopu, formațiune alcătuită din argile verzi și cafenii, separate de bancuri grezoase. Succesiunea se încheie printr-un banc de gresie de tip Lucăcești.

● Oligocenul are o dezvoltare redusă la suprafață în zona cercetată, dar în multe foraje el reprezintă fundamentul direct al cuvetei neogene. Este constituit din depozite aparținînd faciesului bituminos cu gresie de Kliwa, și anume menilite, marne bituminoase și șisturi disodilice inferioare.

*Depozitele de umplutură a cuvetei.* Peste depozitele fundamentului s-au depus transgresiv și discordant formațiuni de vîrstă neogenă (sarmațian în zona cercetată).

● Sarmațianul este reprezentat în zona Vermești-Plopu prin argile, argile siltice, siltite, gresii și intercalații de cărbuni aparținînd — după Micu et al., 1982 — formațiunii de Șupanu (bessarabian mediu-kersonian), denumirile mai vechi fiind „orizontul cu cărbuni" sau „formațiunea productivă".

Rocile argiloase sînt în general compacte, omogene, cu spărtură concoidală pînă la colțuroasă, prezentînd oglinzi de fricțiune și o laminație fină. Pe planele de stratificație se află paiete de muscovit. Pentru argile, analizele de difracție cu raze X au pus în evidență următoarea compoziție mineralogică: hidromică 31—33%, caolinit 23—25%, montmorillonit 11—13%, clorit 5—7%, cuarț 15—17%, feldspat 6—8%. Creșterea conținutului de cuarț și muscovit duce la formarea unor argile siltitice sau argile grezoase.

Rocile grezoase sînt reprezentate prin siltite și gresii fine pînă la mediu granulare, cenușii sau cenușiu-gălbui, în general compacte. Elementele lor predominante sînt de cuarț, angulare și subangulare; subordonat mai apar feldspați, fragmente de cuarțite și menilite. Cimentul este argilos-calcitic.

Stratele de cărbuni din această formațiune constituie obiectivul exploatării și sînt echivalentul stratelor 1 și 2 din bazinul Comănești.

S t r a t u l 1 se găsește deasupra fundamentului, la o distanță de la 50 m pînă la efilarea completă pe limita cu formațiunile paleogene. Grosimea sa în zona de depunere cercetată variază între 0,18 și 1,73 m. Spre sud, stratul se subțiază și se impurifică, fiind constituit din cărbune compact și cărbune argilos, cu treceri la argilă cărbunoasă. La sud de forajul F 708 stratul de cărbune se desparte în două bancuri cu grosimi apropiate și distanțate între ele la 0,20—1,0 m, dar devine din nou unitar mai la sud.

S t r a t u l 2 este situat deasupra stratului 1, la o distanță care variază între 7 și 21 m. De cele mai multe ori, stratul 2 este separat în două bancuri printr-o intercalație argiloasă cu grosimea de 0,20—0,70 m. Grosimea totală a stratului de cărbune este cuprinsă între 0,14

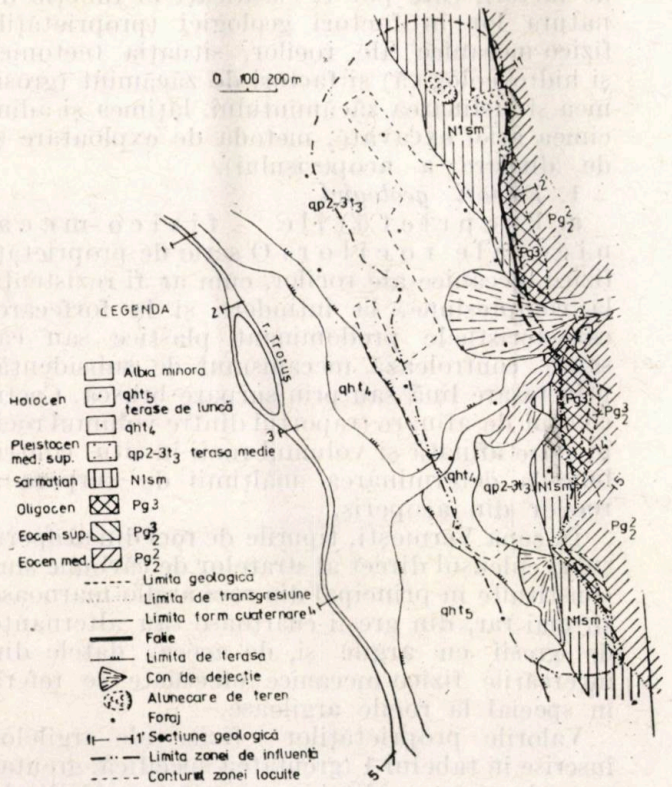



Fig. 1. Schița geologică a zonei Vermești-sud.

și 1,20 m. Aria de depunere a stratului 2 este aproximativ aceeași cu cea a stratului 1, cu excepția zonei nordice, unde este ceva mai restrînsă. În acoperișul și în culcușul stratelor de cărbune se află în general roci argilo-marnoase, uneori gresii cuarțoase.

La circa 250 m deasupra stratului 2 a fost evidențiat un complex de strate subțiri, discontinue de cărbune, paralelizat cu stratul 8 din bazinul Comănești și care nu constituie obiectul exploatării.

*Depozitele superficiale* acoperă o mare parte din zona cercetată, fiind de vîrstă cuaternară. Sînt constituite din depozite de terasă ale rîului Trotuș, formațiuni aluvionare de albie ale Trotușului și ale pîrîului Plopu și formațiuni coluviale, în care s-au dezvoltat uneori alunecări de teren de dimensiuni reduse.

Pe criteriul cotelor relative au putut fi separate mai multe terase. Astfel, terasa înaltă, terasa superioară și terasa medie aparțin pleistocenului, iar terasa inferioară, terasa de luncă, formațiunile de albie și depozitele coluviale aparțin holocenului.

Grosimea depozitelor superficiale atinge 20—23 m, uneori chiar mai mult.

Formațiunile de terasă și aluvionare aferente Trotușului, principalul curs de apă din regiune, reprezintă elementul geomorfologic predominant al zonei. Acest relief scăzut este suprapus formațiunilor mai puțin rezistente care constituie umplutura bazinului. Depozitele fundamentului care mărginesc la est cuveta Leorda — Văsiești — Dărmănești formează relieful colinar al crestei de roci paleogene din culmea Berzunțului.

## II. Caracterizare structurală

Formarea bazinului Comănești este pusă pe seama mișcărilor survenite în cursul bessarabianului, care au determinat o afundare generală a regiunii. Concomitent cu sedimentarea, începută din timpul bessarabianului superior, o serie de accidente tectonice preexistente în cadrul fundamentului au schițat viitoarele cuvete cu orientare generală N—S, conformă cu cea a structurilor din fliș.

Zona Vermești-Plopu reprezintă partea marginală estică a cuvetei Leorda — Văsiești — Dărmănești. Structura sa este monoclinală, cu înclinări de 20—30° spre vest, dar care pot ajunge pînă la 45° pe rama estică a cuvetei. Formațiunile sarmațiene ale bazinului sînt depuse transgresiv peste termeni diferiți ai paleogenului din fundament, și anume peste formațiuni oligocene și eocene.

În zona cercetată, continuitatea pe direcție și pe înclinare a stratelor de cărbune conduce la ideea absenței unor falii importante.

Numai în partea estică a cuvetei, limita de discordanță dintre depozitele sarmațiene și fundamentul paleogen este reprezentată pe unele hărți sub forma unei falii, denumite și falia dealul Osoiu-Plopu.

## III. Factorii geologici și de zăcămînt care influențează subsidența

Subsidența de suprafață se poate transmite prin mai multe mecanisme: prin tasare lină (în cazul unor roci plastice în acoperiș), prin surparea și afînarea rocilor din acoperișul direct peste care se lasă lin sau se surpă rocile acoperișului principal sau prin surparea în masă a rocilor pînă la suprafață (în cazul unor roci friabile sau cu proprietăți casante).

Măsurările de teren au arătat că, în cazul unor strate de cărbune puțin adînci, subsidența se transmite la suprafață aproape instantaneu în cazul metodelor cu surpare. Ea urmează ca un „efect de val" direcția de înaintare a frontului, denivelarea suprafeței terenului precedînd golul subteran rezultat din exploatare.

Subsidența care continuă după trecerea frontului de exploatare (sau subsidența reziduală) depășește rareori 10% din subsidența totală, dar poate continua mai mulți ani.

Pentru zăcămintele stratiforme, amplitudinea și extinderea subsidenței de suprafață (albia de scufundare) sînt influențate de o serie de factori, care pot fi clasificați în funcție de natura lor în factori geologici (proprietățile fizico-mecanice ale rocilor, situația tectonică și hidrogeologică) și factori de zăcămînt (grosimea și înclinarea zăcămîntului, lățimea și adîncimea ariei excavate, metoda de exploatare și de dirijare a acoperișului).

1. *Factori geologici*

**a.** Proprietățile fizico-mecanice ale rocilor. O serie de proprietăți fizico-mecanice ale rocilor, cum ar fi rezistența la compresiune, la întindere și la forfecare, caracteristicile predominant plastice sau casante controlează mecanismul de subsidență, prin tasare lină sau prin surpare bruscă. Coeficientul de afînare (raportul dintre volumul rocii în stare afînată și volumul rocii in situ) contribuie la determinarea înălțimii de surpare a rocilor din acoperiș.

În zona Vermești, tipurile de roci din acoperișul și culcușul direct al stratelor de cărbune sînt constituite în principal din roci argilo-marnoase și, mai rar, din gresii cuarțoase sau alternanțe de gresii cu argile și, de aceea, datele din încercările fizico-mecanice efectuate se referă în special la rocile argiloase.

Valorile proprietăților fizice ale argilelor înscrise în tabelul 1 (greutatea specifică, greutatea volumică, umiditatea, porozitatea și indicele porilor, gradul de saturație) sînt destul de apro-

piate, fie că provin din culcuș, fie că provin din acoperișul stratelor de cărbune. Analiza granulometrică a probelor încercate a arătat că ele pot fi încadrate la tipurile granulometrice argilă și argilă grasă.

Rezistența la compresiune uniaxială a rocilor argiloase a fost determinată prin încercări pe direcții paralele și perpendiculare față de planele de stratificație (tab. 2). Diferențele dintre valorile obținute nu arată o anizotropie clară a proprietăților de rezistență. Valorile mai reduse ale rezistențelor pentru probele din culcușul stratului 2 aparțin unui tip de argilă mai cărbunoasă și cu oglinzi de frictiune.

Rezistențele la compresiune ale rocilor argiloase din acoperișul și din culcușul stratelor de cărbune sînt în general mai mari decît rezistențele la compresiune ale cărbunilor, prezentate pentru comparație în tabelul 3.

Ordinul de mărime al rezistențelor la compresiune determinate arată valori în general mai reduse față de rezistențele unor roci similare din alte bazine carbonifere.

*Tabelul 1*

**Proprietățile fizice ale rocilor argiloase din zona Vermești — valori medii** (după I.C.I.T.P.M.L. Craiova)

| Localizare | $\gamma_s$, kN/m³ | $\gamma$, kN/m³ | $w$, % | $n$, % | $e$ | $S_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Stratul 1 culcuș | 27,19 | 25,07 | 7,4 | 15,0 | 0,18 | 0,88 |
| acoperiș | 26,45 | 23,95 | 6,6 | 15,6 | 0,18 | 0,91 |
| Stratul 2 culcuș | 25,57 | 21,60 | 8,2 | 21,7 | 0,27 | 0,76 |
| acoperiș | 27,02 | 23,74 | 6,2 | 17,5 | 0,21 | 0,80 |

*Tabelul 2*

**Proprietățile mecanice ale rocilor argiloase din zona Vermești** (după I.C.I.T.P.M.L. Craiova)

| Localizare | $\sigma_c \parallel$, daN/cm² | | | $\sigma_c \perp$, daN/cm² | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. | med. | min. | max. | med. | min. |
| Stratul 1 culcuș | 57,40 | 35,88 | 19,60 | 49,00 | 30,20 | 37,77 |
| acoperiș | 57,60 | 39,52 | 24,50 | 65,10 | 40,07 | 30,60 |
| Stratul 2 culcuș | 32,70 | 16,49 | 6,70 | 31,90 | 15,59 | 6,30 |
| acoperiș | 56,40 | 43,56 | 25,00 | 68,30 | 53,17 | 38,80 |

*Tabelul 3*

**Proprietățile mecanice ale cărbunilor din zona Vermești** (după I.C.I.T.P.M.L. Craiova)

| Localizare | $\sigma_c \parallel$, daN/cm² | | | $\sigma_c \perp$, daN/cm² | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. | med. | min. | max. | med. | min. |
| Stratul 1 | 35,8 | 28,60 | 15,7 | 32,6 | 29,50 | 20,8 |
| Stratul 2 | 38,4 | 26,00 | 17,5 | 44,6 | 29,77 | 18,4 |

Asupra rocilor grezoase nu există date de încercări mecanice, însă caracterul lor, uneori nisipos, alteori cu treceri spre roci siltitice și argiloase și cimentul argilos-calcaros determină — probabil — rezistențe la compresiune medii sau chiar scăzute pentru acest tip de roci.

Fenomenele de umflare a vetrei înregistrate la unele fronturi, atingînd valori de 25—50 cm, pot determina reducerea dimensiunilor golului subteran rezultat prin exploatare. Determinarea caracteristicilor de umflare-contracție a fost efectuată în stanțe cilindrice cu $h = 25$ mm, inundate cu apă, pe probe de argile recoltate din orizontul +280 m. În urma încercărilor a fost calculată umflarea liniară $U_1$, definită ca raportul dintre creșterea înălțimii probei prin umflare $\Delta h$ și înălțimea inițială a probei $h$:

$$U_1 = \frac{\Delta h}{h} 100.$$

Rezultatele (tab. 4) au arătat că argilele cărbunoase au proprietăți relativ reduse de umflare, dar argilele din culcușul stratelor de cărbune, mai bogate în montmorillonit, prezintă umflări liniare mari. Proba de argilă cenușie analizată a suferit cea mai mare umflare liniară (24,5%), umflarea stabilizîndu-se în 24 de zile.

*Tabelul 4*

**Proprietățile de umflare ale argilelor din zona Vermești-sud**

| Nr. probei | Umflarea liniară $U_1$, % | Densitatea $\rho$, g/cm³ | Descrierea argilei |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,1 | 2,27 | Argilă cărbunoasă |
| 2 | 5,2 | 2,25 | Argilă regricioasă-cenușie cu urme cărbunoase |
| 3 | 24,5 | 2,54 | Argilă cenușie |

Fenomenul de umflare din vatra excavațiilor subterane, produs ca deformație de relaxare și, mai ales, datorită capacității de umflare a argilelor sub acțiunea apei infiltrate, poate reduce în unele cazuri cu pînă la 20—25% din înălțimea golului rămas după extracție.

Raportul dintre volumul rocilor cu caracteristici predominant plastice și volumul rocilor cu caracteristici predominant casante din acoperișul stratelor de cărbune poate fi un indicator al mecanismului de subsidență.

În zona Vermești-Plopu, formațiunea sarmațiană purtătoare de cărbuni se prezintă ca o succesiune de pachete de roci predominant argilo-marnoase și de roci predominant grezoase. Atît grosimea acestor pachete, cît și continuitatea lor prezintă variații destul de mari, existînd numeroase îndințări și treceri laterale de la un tip litologic la altul.

Proporţia de roci argiloase şi de roci grezoase a fost estimată în cinci secţiuni geologice transversale pe baza descrierilor coloanelor de foraj (tab. 5).

*Tabelul 5*

**Proporţia de roci argilo-marnoase şi grezoase în cinci secţiuni geologice transversale prin zona Vermeşti-sud**

| Secţiunea geologică | Proporţia de roci argilo-marnoase, % | Proporţia de roci grezoase, % |
|---|---|---|
| 1—1' | 43,3 | 56,7 |
| 2—2' | 55,8 | 44,2 |
| 3—3' | 39,3 | 60,7 |
| 4—4' | 25,2 | 74,8 |
| 5—5' | 45,5 | 54,5 |

Variaţia raportului între volumul rocilor argilo-marnoase şi volumul rocilor grezoase nu prezintă semnificaţii nici longitudinal, nici transversal faţă de structura geologică.

Proporţia relativ mare de roci argiloase-marnoase în stiva de roci de deasupra stratelor de cărbune (între 25 şi 56% din volumul total al rocilor), liantul argilos-calcitic al rocilor grezoase care determină o coeziune redusă a acestora, ca şi modul de sfărîmare în bucăţi de dimensiuni reduse a rocilor din acoperişul direct al stratelor de cărbune vor determina o subsidenţă cu surpare în acoperişul direct, urmată de o tasare lină, fără fracturarea rocilor şi fără a fi însoţită de crăpături şi denivelări bruşte ale suprafeţei terenului. Rocile argiloase vor reacţiona plastic la procesul de dislocare, în timp ce rocile grezoase vor suferi mici deplasări sau închiderea, respectiv deschiderea fisurilor în zonele de compresiune sau de tensiune. Depozitele superficiale, cu grosimi uneori pînă la 20 m, vor influenţa şi ele efectul subsidenţei la suprafaţa terenului, amortizînd-o şi limitînd propagarea unor fracturi pînă la suprafaţă.

**b.** S i t u a ţ i a t e c t o n i c ă. Situaţia tectonică a formaţiunilor din acoperişul stratelor productive poate juca un rol însemnat în procesul de producere şi de polarizare a dislocării rocilor, în special în cazul în care rocile sînt fisurate sau intersectate de falii.

În cazul zonei Vermeşti-sud, structura geologică monoclinală, stratificaţia evidentă, alternanţa de roci mai puţin competente cu roci mai competente, dar necutate, lipsa unor accidente tectonice importante (falii, laminări, brecifieri etc.) sînt factori care favorizează în general un proces de tasare lină, fără ruperi şi deplasări accentuate în zona faliilor.

**c.** S i t u a ţ i a h i d r o g e o l o g i c ă. Apele subterane au proprietatea de a reduce, în general, rezistenţa şi stabilitatea rocilor, iar atunci cînd pătrund pe fisuri pot favoriza procesul de subsidenţă.

Bazinul Comăneşti constituie în ansamblu o unitate hidrogeologică, iar cîmpul minier Vermeşti, prin numărul de acvifere, poziţia şi continuitatea acestora, se caracterizează printr-o complexitate ridicată a condiţiilor hidrogeologice.

Forajele hidrogeologice, amplasate cu precădere în jumătatea nordică a perimetrului minier, au identificat orizonturi acvifere freatice, localizate în depozite aluvionare şi orizonturi acvifere de adîncime. Această situaţie este valabilă şi pentru partea sudică a cîmpului minier, încă neexploatată, care este în cea mai mare parte acoperită de depozitele aluvionare ale rîului Trotuş şi care beneficiază numai de un singur foraj hidrogeologic la limita nordică a acestui perimetru.

Stratele acvifere freatice sînt alimentate prin infiltraţia directă a precipitaţiilor atmosferice şi a apelor curgătoare.

Stratele acvifere de adîncime sînt cantonate în orizonturile permeabile ale depozitelor sarmaţiene şi sînt alimentate prin infiltraţiile directe ale precipitaţiilor atmosferice în zonele lor de aflorare şi prin drenarea stratelor acvifere freatice.

Din măsurările şi observaţiile efectuate în forajele hidrogeologice s-a apreciat cota minimă a nivelului hidrostatic în zona Vermeşti la +308...+331 m. În funcţie de poziţia faţă de stratele de cărbune s-au pus în evidenţă acvifere în culcuşul stratului 1 cărbune, în intervalul stratelor 1 şi 2 şi în acoperişul stratului 2 cărbune. Conductivităţile lor hidraulice sînt variate (0,001—0,220 m/zi), datorită variaţiei granulozităţii şi gradului de cimentare ale gresiilor.

Dacă orizonturile exploatate (+370 şi +280 m) din partea nordică a cîmpului minier nu au fost afectate de afluxuri de apă care să creeze dificultăţi în activitatea minieră, la orizontul +130 m, o dată cu exploatarea, au avut loc manifestări acvifere din acoperişul stratului 2 cărbune, datorită faptului că acest orizont se află sub nivelul piezometric al acviferului din acoperiş, avînd capacitatea de debitare cea mai mare.

Procesul de asecare subterană, care apare necesar începînd de la acest orizont, se poate realiza prin filtre penetrante din galeriile de orizont. Asecarea se va limita la o înălţime efectivă de asecare, în care se va lua în considerare grosimea ecranului protector, plus grosimea acviferului ce trebuie asecat. Aceasta înseamnă că înălţimea maximă de asecare la o grosime exploatabilă de circa 1 m cărbune este de circa 40 m şi va cuprinde zona de surpare (cu permeabilitate foarte mare) şi zona de încovoiere în care pot apărea fisuri constituind legături hidraulice între acvifer şi spaţiile exploatate.

2. *Factorii de zăcămînt*

**a.** Grosimea zăcămîntului. În cazul zăcămintelor stratiforme, grosimea stratelor exploatate condiționează mărimea subsidenței de suprafață, subsidența maximă posibilă reprezentînd o fracțiune din grosimea stratului :

$$s_{max} = h \cdot a,$$

în care :

$h$ este grosimea stratului extras ;

$a$ — factorul de subsidență.

Mărimea factorului de subsidență variază în domeniul 0,1—0,9, în funcție de ceilalți factori geologici și de zăcămînt.

În zona Vermești-sud, pentru analiza grosimii stratelor, a fost construită schița cu izopachite, considerînd grosimile însumate ale stratelor 1 și 2 de cărbune (fig. 2), deoarece subsidența totală reprezintă efectul cumulat al extracției ambelor strate.

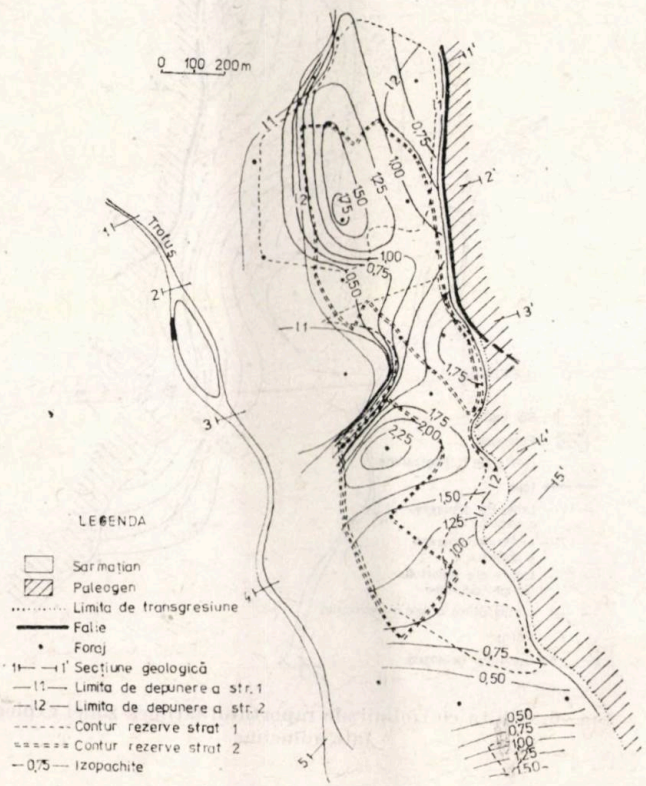



Fig. 2. Schița cu izopachite a stratelor de cărbune (grosimi însumate).

Grosimile maxime au fost conturate în zona pîrîului Plopu (2,42 m) și într-o zonă situată ceva mai la nord de prima, cu grosimi de 1,78 m și 1,54 m. Considerînd grosimea minimă exploatabilă a stratelor de 0,50 m, conturul izopachitelor de 1,00 m grosime însumate poate da indicații asupra rezervelor exploatabile și deci asupra conturului în plan al zonei de extracție.

**b.** Înclinarea zăcămîntului. La zăcămintele cu grosimi medii, subsidența este cu atît mai accentuată, cu cît zăcămintele au înclinări mai mari. Acest lucru se datorează — în principal — creșterii înălțimii golului excavat o dată cu creșterea unghiului de înclinare a stratelor.

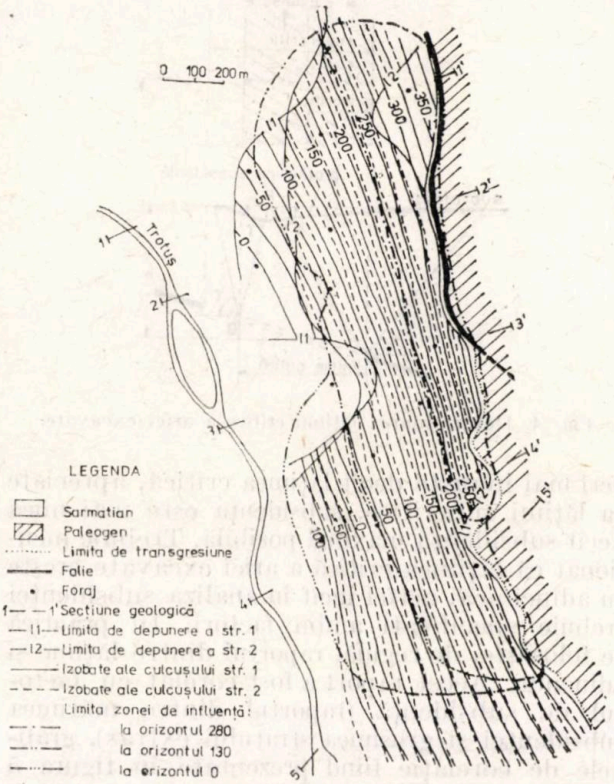



Fig. 3. Schița cu zobate ale culcușului stratelor 1 și 2 și limitele zonelor de influență în diferite etape de exploatare.

Schița cu izobate construite pentru culcușul celor două strate de cărbune (fig. 3) arată o structură monoclinală constantă pe direcție și paralelismul stratelor de cărbune. Înclinările stratelor variază între 20 și 30° în zona vestică, mai adîncă, și 30—35° spre limita estică a bazinului. Stratele au înclinările cele mai accentuate, de circa 45°, în partea central-estică a zonei Vermești-sud.

**c.** Lățimea și adîncimea ariei excavate. Lățimea ariei excavate și adîncimea sînt doi factori care determină împreună atît amplitudinea subsidenței, cît și mărimea zonei de influență la suprafața terenului.

Se consideră că există o anumită lățime a ariei exploatate, numită lățime critică, de la care subsidența capătă valorile maxime posibile. Lățimea critică poate fi determinată considerînd un strat orizontal sau înclinat la adîncimea $h$ și un punct $P$ la suprafața terenului. Din punctul $P$ se construiesc două linii înclinate cu unghiuri egale cu unghiurile de influență, linii care intersectează stratul în

punctele $A$ și $B$ (fig. 4). Lățimea cuprinsă între punctele $A$ și $B$ este lățimea critică, pentru care subsidența maximă posibilă este atinsă numai în punctul $P$. Dacă deschiderea este mai largă, ea devine supercritică, subsidența maximă posibilă putînd fi atinsă într-o zonă din interiorul ariei de influență. Pentru deschi-

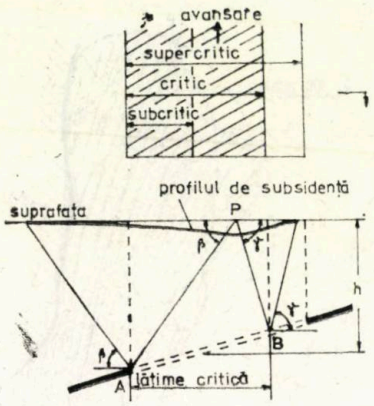



Fig. 4. Determinarea lățimii critice a ariei excavate.

deri mai înguste decît lățimea critică, apreciate ca lățimi subcritice, subsidența este mai mică decît subsidența maximă posibilă. Trebuie menționat că lățimea critică a ariei excavate crește cu adîncimea, astfel încît în analiza subsidenței trebuie specificați ambii factori. În practică se folosește, de regulă, raportul dintre lățime și adîncime. Acest raport a fost corelat cu factorul de subsidență (raportul dintre mărimea subsidenței și grosimea stratului extras), graficele de corelație fiind prezentate în figura 5 pentru două cazuri de dirijare a acoperișului, și anume metoda cu surpare liberă și metoda cu rambleiere uscată (Peng, 1978). Din grafic rezultă că subsidența este maximă de la valoarea raportului lățime/adîncime mai mare de 1,4. Subsidența maximă poate reprezenta 80—90% din grosimea stratului în cazul surpării totale și se reduce la jumătate, dacă golul subteran este rambleiat pe cale uscată.

Pentru studierea acestor parametri în zona Vermești-sud, a fost construită schița cu izolinii ale raportului lățimea zonei exploatabile/adîncime (fig. 6). Din punctul de vedere al valorilor acestui raport, subsidența poate fi maximă în zona izoliniilor mai mari de 1,4.

Considerînd procesul de extracție descendent, de la est la vest, lățimea critică a zăcămîntului este o fișie cu grosimea variind de la 50—75 m în partea nordică și pînă la 250 m în partea sudică, fișie mărginită la est de limita naturală a stratelor de cărbune și la vest de limita calculată a lățimii critice (fig. 6).

Rezultă că valorile cele mai mari posibile ale subsidenței verticale apar de la depășirea lățimii critice a golului subteran și pînă la atingerea adîncimii la care raportul lățime/adîncime devine mai mic de 1,4.

**d.** Metoda de exploatare și de dirijare a acoperișului. Metoda de exploatare și tipul de susținere folosit determină volumul de roci afectat din acoperiș și, în consecință, și mărimea subsidenței.

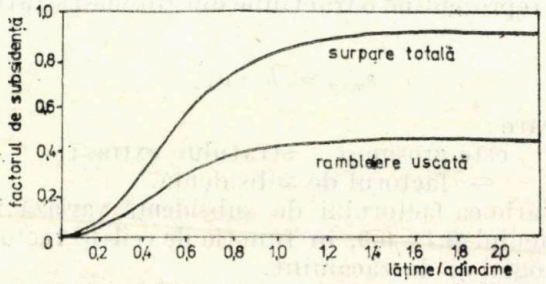



Fig. 5. Variația subsidenței în funcție de raportul lățime/adîncime.

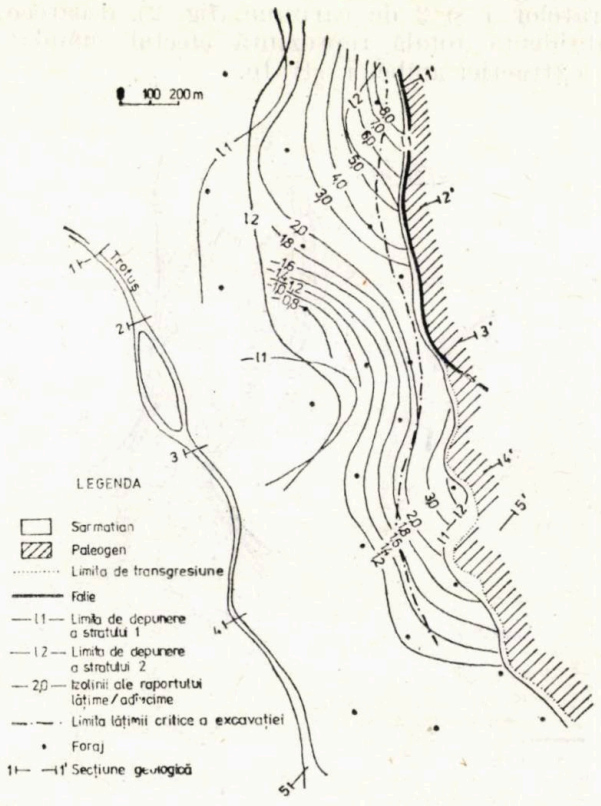



Fig. 6. Schița cu izolinii ale raportului lățimea zonei exploatate/adîncime.

Pentru exemplificare, în tabelul 6 au fost reunite valori ale factorului de subsidență (raportul dintre subsidența maximă și grosimea stratului extras) și ale raportului deplasare orizontală maximă/subsidența maximă pentru diferite cîmpuri miniere și diferite metode de dirijare a acoperișului.

Variația largă a factorilor de subsidență este determinată atît de diferențele dintre proprietățile rocilor din fiecare bazin, cît și de metodele de exploatare. Astfel, subsidența maximă se apropie de 80—90% din grosimea

*Tabelul 6*

**Mărimea subsidenței în diferite cîmpuri miniere**

| Cîmpul minier și metoda de dirijare a acoperișului | Factorul de subsidență | Depl. oriz. max. / subsidența max. |
|---|---|---|
| *Marea Britanie* : | | |
| — rambleiere uscată | 0,45 | 0,16 |
| — surpare liberă sau rambleiere manuală | 0,90 | 0,16 |
| *R.F.G. — Ruhr* | | |
| — rambleiere pneumatică | 0,45 | 0,35—0,45 |
| — rambleiere uscată | 0,50 | 0,35—0,45 |
| — surpare liberă | 0,90 | 0,35—0,45 |
| *Franța, Nord 2, Pas de Calais* : | | |
| — rambleiere hidraulică | 0,25—0,35 | 0,40 |
| — rambleiere pneumatică | 0,45—0,55 | 0,40 |
| — surpare liberă | 0,85—0,90 | 0,40 |
| *Polonia, Silezia superioară* : | | |
| — rambleiere hidraulică | 0,12 | — |
| — surpare liberă | 0,70 | — |
| *U.R.S.S.* : | 0,80 | 0,30 |
| — Donbass | 0,80—0,90 | 0,34 |
| — Lvov | 0,80—0,90 | 0,30 |
| — Kiselov | 0,40—0,80 | 0,30 |
| — Donețk, Kuznețk și Karaganda | 0,75—0,85 | 0,30 |
| — Moscova și Celiabinsk | 0,85—0,90 | 0,35 |
| — Peciora | 0,65—0,90 | 0,30—0,50 |
| *S.U.A.* | | |
| — Estic (camere și pilieri) | 0,10—0,60 | — |
| — Central (front lung) | 0,50—0,60 | — |
| — Central (camere și pilieri) | 0,10—0,40 | — |
| — Vestic | 0,33—0,65 | — |

stratului în cazul metodelor de exploatare cu surpare liberă, este de 40—50% în cazul rambleierii uscate, fiind minimă (10—35%) în cazul rambleierii hidraulice sau în cazul exploatării cu camere și pilieri.

De asemenea, este cunoscut faptul că la procedurile care permit rambleierea imediat după extracția minieră este indusă o subsidență mai redusă decît în cazul rambleierii executate la un timp îndelungat după extracție.

În zona Vermești-sud stratele de cărbuni nu au grosime constantă, prezintă neregularitate pe direcție, acoperișul și culcușul au rezistență comparabilă cu a cărbunelui, iar în unele zone au intercalații sterile.

Analiza metodelor de exploatare care pot fi aplicate pentru acest zăcămînt a dus la concluzia că este oportună folosirea metodei de exploatare cu abataj frontal pe direcție și surparea rocilor acoperitoare, metodă aplicată deja în practică. Această metodă poate fi înlocuită în unele zone cu exploatarea cu rambleu.

Metoda de exploatare cu surpare prezintă următoarele aspecte :

— posibilitatea continuării activității de extracție în perimetrul Vermești ; o altă tehnologie de exploatare ar însemna sistarea activității pînă cînd se verifică semiindustrial utilajele și tehnologia nouă ;

— obținerea unor performanțe economice acceptabile în actuala conjunctură economică ;

— asigurarea unei capacități de producție constante pentru mai mulți ani ;

— urmare a exploatării celor două strate de cărbune este posibilă apariția fenomenului de subsidență, care ar putea afecta, într-o oarecare măsură, construcțiile de suprafață.

Metoda de exploatare cu surparea rocilor înconjurătoare prezintă deci numeroase avantaje, singurul inconvenient fiind acela că provoacă fenomenul de subsidență.

Metoda de exploatare cu rambleu prezintă condiții de aplicare favorabile în zona Vermești, și anume :

— ca material de rambleu poate fi utilizată cenușa de la termocentrala Comănești. Din arderea cărbunelui rezultă zilnic o cantitate de 450 tone cenușă, din care 50 tone se captează ca praf la electrofiltre și se utilizează pentru fabricarea betonului celular autoclavizat, iar 400 tone sînt transportate hidraulic în depozitele de cenușă ale termocentralei. Cenușa care se depozitează este un excelent material de rambleu, lucru care se poate constata și din examinarea stării depozitelor. Analiza arată o granulație corespunzătoare unui nisip fin (conținut de cca. 90% nisip fin și cca. 10% nisip mijlociu), lipsa fracțiilor argiloase care ar duce la colmatare ; apa se drenează ușor, iar granulele sînt rotunjite, ceea ce înseamnă că nu provoacă erodarea rapidă a conductei ;

— costul rambleului este redus, cenușa fiind considerată un deșeu se comercializează cu 2 lei/tona (fracția măruntă pentru *BCA*). Transportul rambleului deasupra exploatării se poate realiza cu cheltuieli minime. Conducta de ejectare se prelungește cu încă 3,5 km și asigură disponibilitatea continuă a unui material excelent, care poate fi introdusă în subteran pe găuri de sondă direct în galeriile de aeraj ;

— rambleierea abatajelor se poate realiza fie hidraulic, caz în care apare o cantitate suplimentară de apă în subteran, fie semimecanizat, caz în care se asigură transportul hidraulic pînă la gaura de sondă, se elimină apa, materialul introducîndu-se în mină prin tuburi pe plane înclinate, iar, după transportul cu vagonete sau bandă, abatajele sînt rambleiate prin cădere liberă, pe jgheaburi.

Schema ideală de realizare a rambleierii abatajelor ar consta din următoarele :

- o conductă de circa 3,5 km la Ø=325 mm ;
- găuri de sondă tubate cu același diametru interior, forate la distanțe convenabile ;
- conducte de rambleu montate pe galeriile de aeraj.

Această tehnologie permite rambleierea consecutivă a mai multor abataje, asigurînd astfel realizarea continuă a producției.

Cheltuielile suplimentare față de metoda cu surpare ar consta din :

— prețul de livrare al cenușii, 2 lei/t ;

— montarea unei conducte de 3,5 km cu Ø 325 mm;

— săparea mai multor găuri de sondă cu adîncimi de 100—200 m;

— montarea conductelor de rambleu pe galeriile de aeraj;

— evacuarea zilnică din mină a unei cantităţi de 1 200—2 800 m³ de apă;

— schimbarea profilului galeriilor de deschidere şi pregătire, cu amenajarea canalului;

— construirea unor bazine de colectare şi staţii de pompare a apei dimensionate corespunzător.

Prin această metodă se asigură o rambleiere eficientă şi corespunzătoare a abatajelor nemecanizate, eliminîndu-se aproape complet fenomenul de subsidenţă.

## IV. Zona de influenţă la suprafaţă a terenului

### 1. *Limitele zonei de influenţă*

Limita efectului la suprafaţă (conturul zonei de influenţă) poate fi trasată cu ajutorul unghiurilor de înclinare a planelor de influenţă (unghiuri de influenţă). Aceste unghiuri pot fi definite pentru stratele înclinate ca unghiuri de influenţă pe înclinare la limita inferioară a excavaţiei $\beta$, unghiuri de influenţă pe înclinare la limita superioară a excavaţiei $\gamma$ şi unghiuri de influenţă pe direcţie la limita inferioară a excavaţiei $\delta$. În formaţiunile acoperitoare unghiul de influenţă este considerat acelaşi în toate direcţiile.

În cazul subsidenţei cu dislocare, limita zonei de rupere a terenului la suprafaţă poate fi exprimată cu ajutorul unghiurilor de înclinare a planelor de rupere. Aceste unghiuri, exprimate prin $\beta'$, $\gamma'$ şi $\delta'$, pot fi definite în mod similar cu unghiurile de influenţă, dar au valori în general cu 5—15° mai mari.

În ceea ce priveşte mărimea unghiurilor de influenţă, acestea variază aproximativ între 35 şi 80°, în funcţie de înclinarea şi de grosimea stratelor, dar şi de factorii geologici locali (proprietăţile rocilor, prezenţa unor falii sau zone de fractură etc.).

Unghiurile de influenţă sînt mai mici la partea inferioară a stratului extras şi cresc către partea superioară.

În tabelul 7 sînt redate valori ale unghiurilor de influenţă citate frecvent în diferite ţări.

Pentru bazinele carbonifere din ţara noastră au fost elaborate de către Ministerul Minelor, în anul 1971, instrucţiuni în vederea protecţiei suprafeţei şi a lucrărilor miniere. Zăcămintele din bazinul Comăneşti au fost încadrate după tipurile de formaţiuni şi după proprietăţile lor mecanice (rezistenţă la compresiune între 60 şi 200 daN/cm²), după grosimile mici şi medii ale stratelor de cărbune (0,4—4,0 m) şi după

*Tabelul 7*

**Unghiuri de influenţă citate în diferite ţări** (după Peng)

| Ţara | Unghiul de influenţă, grade |
|---|---|
| Olanda | 45—55 |
| R.F.G. | 45—60 |
| Franţa (Nord) | 55 |
| U.R.S.S. | 60 |
| Marea Britanie | 55—65 |
| S.U.A. — Est | 63—75 |
| — Centru | 81,5—90 |
| — Vest | 84—88 |

înclinările cuprinse între 10 şi 70°, în grupa B, subgrupa 2, pentru care sînt estimate valorile unghiurilor de influenţă din tabelul 8.

Valorile unghiurilor de influenţă din tabelul 8 au fost întrebuinţate pentru conturarea în secţiuni şi în plan a zonei de subsidenţă.

Analiza a fost efectuată pentru mai multe etape de evoluţie în adîncime a exploatării (orizonturile +280; +130 şi 0 m).

Pentru depozitele acoperitoare, constituite din formaţiuni predominant grosiere, a fost considerat un unghi de influenţă de 40°.

Unghiurile de influenţă folosite au fost materializate pe secţiunile geologice (fig. 7), iar conturul zonei de subsidenţă, pentru mai multe etape de exploatare, a fost construit şi reprezentat pe schiţa cu izobate (fig. 3).

### 2. *Elementele deplasării la suprafaţa terenului*

Deformarea suprafeţei terenului la formarea unei albii de scufundare este un proces complex, care poate fi caracterizat prin mai mulţi parametri:

— deplasarea (subsidenţa) verticală;

*Tabelul 8*

**Unghiurile de influenţă estimate pentru bazinul Comăneşti**

| Grupa | Subgrupa | Unghiul de înclinare $\alpha$ / Unghiul de influenţă | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 2 | $\beta$ | 73 | 70 | 68 | 63 | 58 | 56 | 52 | 49 | 45 | 42 | 38 | 35 |
| | | $\gamma$ | | | | | | 73 | | | | | | 80 |
| | | $\delta$ | | | | | | 75 | | | | | | |

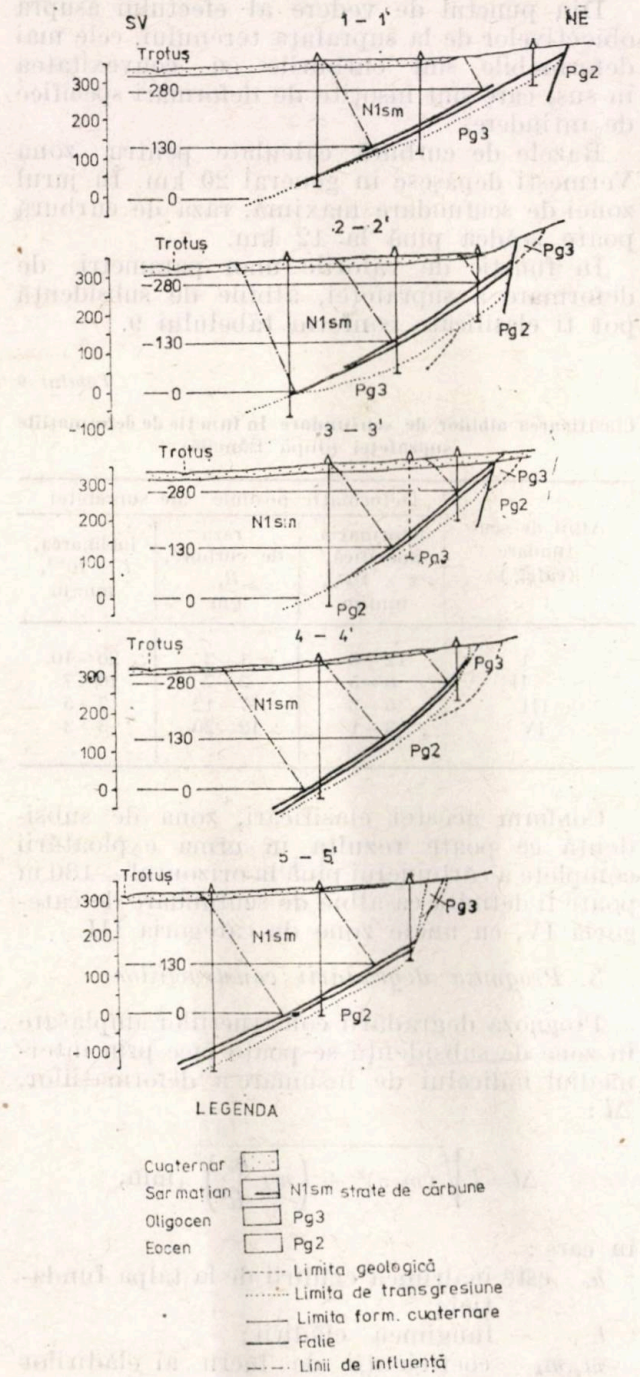



Fig. 7. Secţiuni geologice transversale şi liniile de influenţă în mai multe etape de exploatare.

— înclinarea sau subsidenţa diferenţială;
— încovoierea sau înclinarea diferenţială;
— deplasarea orizontală;
— deformaţiile specifice de întindere şi de compresiune.

Situaţia cea mai defavorabilă este pe marginile albiei de scufundare, unde are loc o subsidenţă diferenţială între diferite puncte apropiate, care se tasează cu valori diferite, ducînd la înclinarea suprafeţei şi deci şi a construcţiilor aflate în aceste zone.

În aceleaşi zone are loc şi o deplasare cu componente orizontale a punctelor către interiorul albiei de tasare. Deplasări orizontale diferenţiale (deformaţii specifice) de întindere au loc în părţile cu încovoieri convexe ale profilului de subsidenţă, iar deformaţiile specifice de compresiune se dezvoltă în partea concavă a profilului.

Elementele cantitative ale deplasării la suprafaţă în zona Vermeşti-Plopu sînt analizate în capitolul următor.

## V. Satul Plopu ca obiectiv de protejat

În zona localităţii Plopu, situată în mare parte deasupra zăcămîntului Vermeşti-sud, se află terenuri agricole, curţi şi construcţii individuale, în general cu un singur nivel, precum şi păşuni.

### 1. *Adîncimea de siguranţă*

Pentru a fi îndeplinită condiţia de siguranţă, este necesar ca adîncimea exploatării să fie mai mare decît înălţimea de surpare, definită ca produsul dintre grosimea exploatată a zăcămîntului şi un coeficient de autorambleiere a golului subteran $K_s$.

După Şeviakov, pe baza rezultatelor obţinute în bazinul Donеţk, se recomandă pentru zăcăminte cu înclinări cuprinse între 0 şi 45° şi pentru construcţii civile la suprafaţă din categoria a IV-a de conservare (clădiri de piatră cu un etaj şi dimensiuni în plan care nu depăşesc 15—20 m), valoarea 50 pentru coeficientul $K_s$.

Aplicînd acest coeficient în zona Vermeşti, la o grosime a stratelor extrase de circa 1,5 m, rezultă o adîncime de siguranţă de circa 75 m pentru protejarea tipurilor de construcţii ale satului Plopu.

### 2. *Parametrii de deformare la suprafaţa terenului*

Principalul parametru al deformării este componenta verticală a subsidenţei, şi anume tasarea maximă. Acest element a fost estimat ţinînd seama de principiul de formare a albiilor de scufundare în cazul exploatării stratelor înclinate şi de variaţia grosimilor însumate ale celor două strate exploatabile. Schiţa cu izolinii a subsidenţei verticale (fig. 8) a fost construită, în ipoteza exploatării complete, prin surpare, a stratelor de cărbune, pînă la adîncimea orizontului +130 m.

Referitor la această schiţă trebuie făcută observaţia că valorile izoliniilor reprezintă valorile teoretice maxim posibile ale subsidenţei, fără a ţine seama de coeficientul de afînare a rocilor, fenomenele de umflare a vetrei şi o serie de factori minieri care vor reduce cu cel puţin 30% din valoarea subsidenţei teoretice, adică circa 50—60% din grosimea stratelor exploatate.

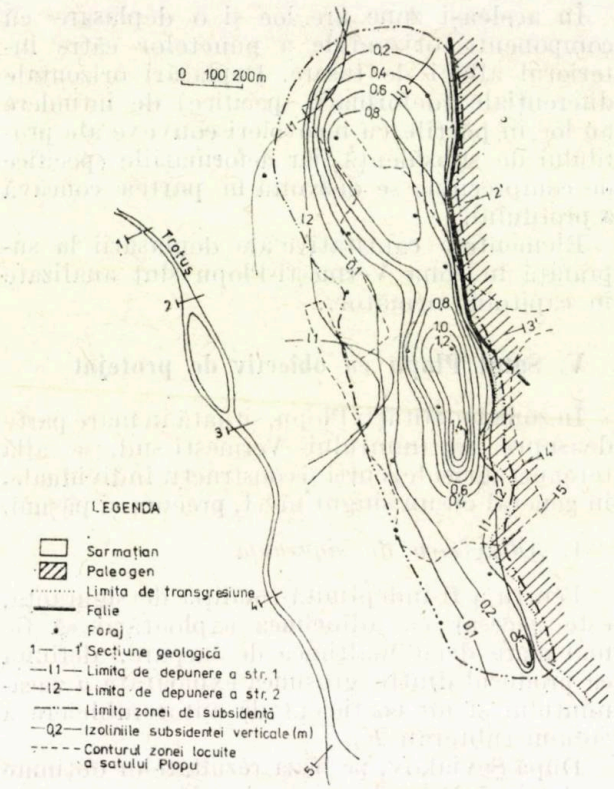



Fig. 8. Schiţa subsidenţei verticale maxime posibile la exploatarea orizontului +130 m.

Din această schiţă trebuie reţinută configuraţia izoliniilor de subsidenţă, dar cu valori reale sensibil mai mici.

Zona în care este posibil să apară tasări cu valori mai mari este în centrul ariei cercetate, unde atît grosimea, cît şi înclinarea stratelor sînt mai mari.

Înclinarea este diferenţa de nivel dintre două puncte de pe albia de scufundare raportată la distanţa orizontală dintre acestea. Panta unui interval $i$ se poate calcula cu relaţia :

$$i_{1-2} = \frac{t_1 - t_2}{l_{1-2}}, \text{ mm/m.}$$

Calculele efectuate în diferite puncte ale albiei de subsidenţă probabile din perimetrul Vermeşti-Plopu arată valori maxime de $1 \cdot 10^{-3}$ — $-5 \cdot 10^{-3}$ în cele mai multe zone, cu excepţia zonei centrale de scufundare maximă, unde pot ajunge pînă la $16 \cdot 10^{-3}$.

Încovoierea sau curbura maximă $K$ este dată de diferenţa de înclinare a două intervale învecinate, raportată la semisuma lungimii acestora :

$$K_2 = \frac{2(i_{1-2} - i_{2-3})}{l_{1-2} + l_{2-3}} = \frac{1}{R_2},$$

în care $R$ este raza de curbură.

Din punctul de vedere al efectului asupra obiectivelor de la suprafaţa terenului, cele mai deformabile sînt curburile cu convexitatea în sus, care sînt însoţite de deformări specifice de întindere.

Razele de curbură calculate pentru zona Vermeşti depăşesc în general 20 km. În jurul zonei de scufundare maximă, raza de curbură poate scădea pînă la 12 km.

În funcţie de valorile unor parametri de deformare a suprafeţei, albiile de subsidenţă pot fi clasificate conform tabelului 9.

*Tabelul 9*

**Clasificarea albiilor de scufundare în funcţie de deformaţiile suprafeţei** (după Băncilă)

| Albii de scufundare (categ.) | Deformaţii posibile ale suprafeţei | | |
|---|---|---|---|
| | deformaţia specifică, $\varepsilon \times 10^{-3}$, mm/m | raza de curbură, $R$, km | înclinarea, $i \times 10^{-3}$, mm/m |
| I | 12—8 | 1—3 | 20—10 |
| II | 8—5 | 3—7 | 10—7 |
| III | 5—3 | 7—12 | 7—5 |
| IV | 3—1 | 12—20 | 5—3 |

Conform acestei clasificări, zona de subsidenţă ce poate rezulta în urma exploatării complete a cărbunelui pînă la orizontul +130 m poate fi definită ca albie de scufundare de categoria IV, cu unele zone de categoria III.

3. *Prognoza degradării construcţiilor*

Prognoza degradării construcţiilor amplasate în zone de subsidenţă se poate face prin intermediul indicelui de însumare a deformaţiilor, $\Delta l$ :

$$\Delta l = l \sqrt{(m_\varepsilon \varepsilon)^2 + \left(m_k \frac{h_c}{R}\right)^2}, \text{mm,}$$

în care :

$h_c$ este înălţimea clădirii de la talpa fundaţiei ;

$l$ — lungimea clădirii ;

$m_\varepsilon, m_k$ — coeficienţii de lucru ai clădirilor (tab. 10) ;

$\varepsilon$ — deformaţia specifică de întindere sau de compresiune ;

$R$ — raza de curbură a suprafeţei.

Majoritatea clădirilor din satul Plopu sînt cu un singur nivel, avînd lungimea de circa 12 m şi înălţimea de 6 m, clădirile mai mari, uneori cu două niveluri, avînd lungimea de maximum 20 m şi înălţimea de maximum 10 m.

Considerînd raza de curbură $R = 12$ km şi deformaţia specifică corespunzătoare de $3 \cdot 10^{-3}$ mm/m (albie de categ. III, cf. tab 9), pentru cele două tipuri de clădiri ale satului Plopu

*Tabelul 10*

**Coeficienţii de lucru în funcţie de lungimea clădirilor** (după Băncilă)

| $l$, m | <15 m | 15–30 m | >30 m |
|---|---|---|---|
| $m_\varepsilon$ | 1,0 | 0,85 | 0,70 |
| $m_k$ | 1,0 | 0,70 | 0,55 |

*Tabelul 11*

**Clasificarea categoriilor de avarii posibile în satul Plopu**

| Grupa de clădiri | Categoria de clădiri | Categoria de avarii | Deschiderea fisurilor din pereţii clădirii, mm | $\Delta l$ în funcţie de numărul etajelor (1–2 etaje), mm |
|---|---|---|---|---|
| C | Clădiri de locuit şi administrative | I | 0–3 | 80 |
| | | II | 3–10 | 120 |

au rezultat valorile de 36 şi respectiv 52 mm ale indicelui $\Delta l$.

În tabelul 11 este reprodusă parţial clasificarea categoriilor de avarii în funcţie de tipul de clădire, numărul etajelor şi valoarea indicelui de însumare a deformaţiilor $\Delta l$.

Valorile obţinute prin calcul pentru $\Delta l$ încadrează avariile posibile ale clădirilor din zona Plopu în categoria I şi, eventual, în categoria II, în cazul unor deformaţii specifice mai mari.

Cele două categorii de avarii ale clădirilor fundate pe terenuri din interiorul albiilor de scufundare sînt descrise (Băncilă) în felul următor.

● Categoria I — avarii neînsemnate, provocate de fisuri cu deschiderea pînă la 5 mm. Deformaţiile nu pericliteză structura clădirilor; din acest motiv, nu sînt necesare măsuri de protecţie. După încetarea perioadei de influenţă, clădirile afectate se repară prin lucrări simple.

● Categoria II — avarii care nu modifică condiţiile de exploatare a clădirilor. Fisurile pot atinge denivelări de pînă la 25 mm şi ca atare se pot produce desprinderi de tencuială şi deplasări ale diferitelor elemente în punctele lor de reazem. Din aceste motive sînt necesare unele măsuri de protecţie în punctele de reazem.

Controlul periodic al acestor clădiri se referă la observarea şi măsurarea deschiderii şi lungimii fisurilor şi la controlul deplasării structurilor.

## Concluzii

● Din analiza factorilor geologici şi geomecanici şi din urmărirea comportării rocilor în abataje rezultă că mecanismul subsidenţei se manifestă prin surparea acoperişului direct (în fragmente de dimensiuni relativ mici), urmată de tasarea lină a rocilor, fără tasări diferenţiale mari, crăpături sau dislocări la suprafaţa terenului.

● Extinderea şi amplitudinea zonei de influenţă, condiţionate în principal de grosimea şi înclinarea stratelor şi de valorile unghiurilor de influenţă, au fost estimate pentru mai multe etape de exploatare. Considerînd, de asemenea, factorul de umflare a vetrei şi metoda de exploatare decalată în timp şi spaţiu a celor două strate de cărbune, subsidenţa verticală sub satul Plopu poate atinge maximum 0,5–0,6 din grosimea stratelor, ceea ce corespunde — la orizontul +130 m — unei tasări maxime a suprafeţei terenului de 0,7–0,8 m, şi aceasta numai pe o suprafaţă restrînsă.

● Folosirea metodei de exploatare cu front lung şi surpare, soluţie aplicată în prezent în cadrul zăcămîntului Vermeşti, presupune continuitatea activităţii miniere şi permite obţinerea unor performanţe economice acceptabile în conjunctura economică actuală.

În cazul unor manifestări ale subsidenţei de suprafaţă cu efecte mai mari decît cele estimate, poate fi luată în considerare, total sau parţial, exploatarea cu rambleu, care întruneşte condiţii avantajoase în zona Vermeşti.

● Efectul exploatării stratelor de cărbune asupra construcţiilor de la suprafaţa terenului este redus pentru adîncimea exploatării mai mare de 75 m. El se manifestă ca un efect de val la trecerea frontului pe sub construcţie, după care suprafaţa terenului poate reveni la forma iniţială.

În zonele de margine ale albiilor finale de scufundare pot apărea înclinări şi încovoieri ale terenului, însoţite de deformaţii specifice de întindere.

Prognoza degradării tipurilor de construcţii ale satului Plopu, exprimată cu ajutorul indicelui de însumare a deformaţiilor, arată posibilitatea unor avarii neînsemnate sau care nu modifică condiţiile de exploatare ale clădirilor, deci nu presupun strămutarea localităţii.

### Bibliografie


[1] Almăşan, B. *Zăcăminte minerale : exploatare-valorificare*. Ed. Tehnică, Bucureşti.

[2] Băncilă, N. ş.a. *Geologie inginerească*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1989.

[3] Bell, F. G. *Site Investigation in Areas of Mining Subsidence*. Newnes — Butterworths, London, 1975.

[4] Jeremic, M. L. *Strata Mechanics in Coal Mining* A.A. Balkema, Rotterdam, 1985.

[5] Micu, M. ş.a. *Geologia bazinului Comăneşti*. D.S. Inst. geol. geofiz., vol. LXIX, p. 187–208, 1982.

[6] Orchard, R. J. *Partial extraction and subsidence*. Mining Engineer 123, no. 43, 417–427, 1964.

[7] Peng, S. *Coal Mine Ground Control*. John Wiley and Sons, New York, 1987.

[8] Stamatiu, M. *Mecanica rocilor*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1962.

* * * Rapoarte geologice elaborate de Biroul de expertiză şi consulting al Universităţii Bucureşti, I.G.G. Bucureşti, I.C.I.T.P.M.L. Craiova şi I.P.E.G. Suceava.

# Cinematica sistemelor de acțiune electrică reglabile de la excavatoarele cu roată cu cupe funcționînd cu debit constant

Asist. ing. **D.Mihai**, șef lucr. dr. ing. **Gh. Manolea**

Universitatea din Craiova

Cercet. șt. **I Dinulescu**, ing. **I. Vîlculescu**

I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Introducere

Într-o lucrare anterioară [3] autorii au justificat (riguros și ținînd cont de mai multe criterii) legile de variație pentru viteza de pivotare și de la roata cu cupe a excavatoarelor, cu rotor funcționînd cu debit constant. Pornind de la acestea, se vor prezenta în continuare relațiile de calcul pentru toate mărimile cinematice (liniare și unghiulare) de la mecanismele respective, relații necesare atît pentru etapa de dimensionare a mecanicii excavatorului, cît și pentru cea de reconfigurare și dimensionare a sistemelor de acționare electrică.

Relativ strict la tahogramele impuse pentru pivotarea și rotația cupelor, legile de variație $v_p(\varphi)$ și $v_r(\varphi)$ vor fi prelucrate astfel încît să fie satisfăcuți o serie de indici de calitate ai reglajului, solicitările dinamice ale lanțului cinematic să fie minime și să fie ușor implementabile ca semnale de referință pentru sistemele de comandă și reglare automată ale celor două sisteme de acționare.

## II. Variante de calcul

Legile de variație adoptate în [3] pentru $v_p$ și $v_r$ sînt:

$$v_p(\varphi) = \frac{v_{p0}}{\cos\varphi}\ ;\ v_r(\varphi) = \frac{v_{r0}}{\cos\varphi}\cdot \qquad (1)$$

Rămîn valabile convențiile de notații stabilite în [3].

Pentru limitarea creșterii vitezei de pivotare la unghiuri mari, literatura [4] recomandă adoptarea tahogramelor cu palier la $\varphi > \frac{\pi}{3}$, pentru care $v_p(\varphi > \pi/3) = \text{ct} = v_p\left(\varphi = \frac{\pi}{3}\right)$.

Problema se pune și mai acut la acționarea electrică a rotorului cu cupe, unde motoarele electrice sînt alimentate de la linia de 6 kV, iar posibilitățile de reglare continuă a vitezei sînt extrem de limitate.

Ca atare, două variante de calcul — analizate în continuare — se referă la utilizarea tahogramelor regulate (se respectă legile (1) pe tot arcul de pivotare) sau a celor cu palier.

Întrucît corelarea $v_p(\varphi) - v_r(\varphi)$ se face și în scopul realizării debitului impus și al menținerii constante a acestuia pentru $\varphi \in (-\varphi_{max} + \varphi_{max})$, este importantă relația adoptată pentru debit. Se poate utiliza o relație aproximativă [2]:

$$Q = b_{med} \cdot t_{med} \cdot v_{p\,med} \cdot 3\,600,\ \text{m}^3/\text{h} \qquad (2)$$

sau relația:

$$Q(\varphi) = b(\varphi) \cdot t(\varphi) \cdot v_p(\varphi) \cdot 3\,600,\ \text{m}^3/\text{h}. \qquad (3)$$

Pentru variantele rezultate se introduc notațiile:

$QER$ — relația exactă pentru debit, tahograme regulate;

$QEL$ — relația exactă pentru debit, tahograme cu palier;

$QAR$ — relația aproximativă pentru debit, tahograme regulate;

$QAL$ — relația aproximativă pentru debit, tahograme cu palier.

Pentru variantele $QA$ rezultă [3]:

$$Q(\varphi) = \text{ct} = 3\,600 \cdot \frac{v^2_{p\,med}}{v_{r\,med}} \cdot \frac{2\pi}{n_c} \cdot r \cdot t_0 \cdot \frac{\sin\varphi_{max}}{\varphi_{max}}. \qquad (4)$$

Se impune $n_{max}$ (turația maximă a roții cu cupe) din condiții de descărcare a cupelor și $Q$, determinîndu-se astfel:

$$v_{r\,max} = \frac{2\pi \cdot r \cdot n_{max}}{60}; \qquad (5)$$

$$v_{r0} = v_{r\,max} \cdot \cos\varphi_{max}; \qquad (6)$$

$$v_{r\,med} = \frac{1}{\varphi_{max}} \int_0^{\varphi_{max}} v_r(\varphi)\mathrm{d}\varphi = \frac{v_{r0}}{\varphi_{max}} \cdot \ln\left|\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{max}}{2}\right)\right| \cdot \qquad (7)$$

Din relațiile (4) și (7) rezultă:

$$v_{p\,med} = \frac{1}{60} \cdot \sqrt{\frac{Q\left[\frac{m^3}{h}\right] \cdot n_{cupe} \cdot n_{max}\left[\frac{rot}{min}\right] \cdot \cos\varphi_{max} \cdot \ln\left|tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{max}}{2}\right)\right|}{60 \cdot t_0 \cdot [m] \cdot \sin\varphi_{max}}}, \quad \left[\frac{m}{s}\right]. \qquad (8)$$

Din:

$$v_{p\,med} = \frac{v_{p0}}{\varphi_{max}} \cdot \ln\left|tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{max}}{2}\right)\right|, \qquad (9)$$

rezultă:

$$v_{p0} = \frac{v_{p\,med} \cdot \varphi_{max}}{\ln\left|tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{max}}{2}\right)\right|}. \qquad (10)$$

Pentru variantele $QE$:

$$Q(\varphi) = 3\,600 \cdot \frac{v_p^2(\varphi)}{v_r(\varphi)} \cdot \frac{2\pi}{n_c} \cdot r \cdot t_0 \cdot \cos\varphi =$$

$$= 3\,600 \cdot \frac{v_{p0}^2}{v_{r0}^2} \cdot \frac{2\pi}{n_c} \cdot r \cdot t_0 = \text{ct.} \qquad (11)$$

Cunoscînd:

$$v_{r0} = \frac{2\pi \cdot r}{60} \cdot n_{max} \cdot \cos\varphi_{max}, \qquad (12)$$

rezultă:

$$v_{p0} = \sqrt{\frac{Q\left[\frac{m^3}{h}\right] \cdot n_{max}\left[\frac{rot}{min}\right] \cdot n_{cupe} \cdot \cos\varphi_{max}}{3\,600 \cdot 60 \cdot t_0[m]}},$$

$$\left[\frac{m}{s}\right]; \qquad (13)$$

$$v_{p\,med} = \frac{v_{p0}}{\varphi_{max}} \cdot \ln\left|tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{max}}{2}\right)\right|; \qquad (14)$$

$$v_{p\,max} = v_{p0} \cdot \cos\varphi_{max}. \qquad (15)$$

Observație

Ținînd seama de simetria arcului de pivotare față de direcția de mars, o relație unică de calcul a vitezelor este:

$$v(\varphi) = \frac{v_0}{\cos(\varphi - \varphi_{max})}; \quad \varphi \in (0,2 \cdot \varphi_{max}). \qquad (16)$$

## III. Variantele cu tahograme regulate

Deoarece cînd $\varphi \to \frac{\pi}{2}$, $v_p(\varphi) \to \infty$ se procedează la limitarea vitezei, adoptînd valoarea $v_{max\,a}$ din figura 1.

Atunci:

$$v_0' = v_{max\,a} \cdot \cos\varphi_{max} \qquad (17)$$

și rezultă corespunzător curba de variație 2.

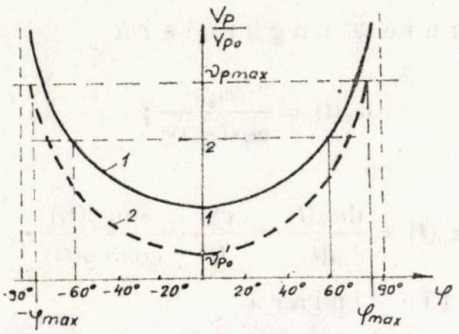



Fig. 1. Varianta tahogramelor regulate.

Adoptarea valorii $v_{max\,a}$ conduce la diminuarea sensibilă a vitezei la centru și într-un arc central relativ mare; ca atare, pierderile de debit vor fi importante. Alt dezavantaj al tahogramelor regulate este determinat de impunerea unei game de reglare a vitezei mari:

$$D = \frac{v_{max}}{v_{min}} = \frac{1}{\cos\varphi_{max}}. \qquad (18)$$

Avantajele utilizării tahogramelor regulate sînt legate de posibilitatea obținerii comode a legilor de variație pentru toate mărimile cinematice și de absență a șocurilor $\left(\frac{da}{dt}\right)$, pe întreg arcul de pivotare.

Se prezintă în continuare legile de variație ale mărimilor cinematice în varianta $QR$:

Pivotare liniară

$$a_p(t) = \frac{dv_p(t)}{dt} = \frac{dv_p(\varphi)}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v_p(\varphi)}{R} \cdot \frac{v_{p0} \cdot \sin\varphi}{\cos^2\varphi}; \qquad (19)$$

$$a_p(t) = \frac{v_{p0}^2}{R} \cdot \frac{\sin\ (\varphi(t))}{\cos^3\ (\varphi(t))}; \qquad (20)$$

$$v_p(t) = \frac{v_{p0}}{\cos(\varphi(t))}; \qquad (21)$$

$$\mathrm{d}\varphi = \omega_p(\varphi) \cdot \mathrm{d}t = \frac{v_{p0}}{R} \cdot \frac{\mathrm{d}t}{\cos(\varphi - \varphi_{max})}; \qquad (22)$$

$$t = \int_0^{\varphi} \frac{\mathrm{d}\varphi}{\omega_p(\varphi)} = \frac{R}{v_{p0}} \cdot [\sin(\varphi - \varphi_{max}) + \sin\varphi_{max}]; \qquad (23)$$

$$\varphi(t) = \varphi_{max} + \arcsin\left(\frac{v_{p0}}{R} \cdot t - \sin\varphi_{max}\right); \qquad (24)$$

$$x_p(t) = R \cdot \varphi(t). \qquad (25)$$

Pivotare unghiulară

$$\omega_p(t) = \frac{\omega_{p0}}{\cos(\varphi(t))}; \qquad (26)$$

$$\varepsilon_p(t) = \frac{\mathrm{d}\omega_p(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{v_{p0}^2}{R^2} \cdot \frac{\sin(\varphi(t))}{\cos^3(\varphi(t))}. \qquad (27)$$

Rotație liniară

$$v_r(t) = \frac{v_{r0}}{\cos(\varphi(t))}; \qquad (28)$$

$$a_r(t) = \frac{\mathrm{d}v_r(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{v_{r0} \cdot v_{p0}}{R} \cdot \frac{\sin(\varphi(t))}{\cos^3(\varphi(t))}; \qquad (29)$$

$$x_r(t) = \alpha(t) \cdot r. \qquad (30)$$

Expresia $\alpha(t)$ se va determina în continuare.

Rotație unghiulară

$$\omega_r(t) = \frac{\omega_{r0}}{\cos(\varphi(t))} = \frac{v_{r0}}{r} \cdot \frac{1}{\cos(\varphi(t))}; \qquad (31)$$

$$\varepsilon_r(t) = \frac{\mathrm{d}\omega_r(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{r} \cdot a_r(t). \qquad (32)$$

Pentru corelarea $\alpha(\varphi)$:

$$\frac{v_r(\varphi)}{v_p(\varphi)} = \frac{v_{r0}}{v_{p0}} = \frac{v_{rmax}}{v_{pmax}}; \qquad (33)$$

$$\frac{v_r}{r} = \frac{v_p}{R} \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{v_{r\,max}}{v_{p\,max}}; \qquad (34)$$

$$\omega_r(\varphi) = \omega_p(\varphi) \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{v_{r\,max}}{v_{p\,max}} \Big| \cdot \mathrm{d}t; \int_0^{\varphi}; \qquad (35)$$

$$\alpha(t) = \frac{R}{r} \cdot \frac{v_{r\,max}}{v_{p\,max}} \cdot \varphi(t) = K \cdot \varphi(t). \qquad (36)$$

## IV. Variantele cu tahograme cu palier

Acestea sînt prezentate în figura 2.

$$v_p(\varphi)|_{\varphi > \pi/3} = \frac{v_{p0}}{\cos\frac{\pi}{3}} = 2 \cdot v_{p0} = \mathrm{ct}. \qquad (37)$$

Avantajele acestor tahograme sînt:
— pierderile de productivitate sînt reduse;
— gama de reglare este 2 : 1;
— accelerațiile maxime sînt mult diminuate;
— unghiul de pivotare poate avea o valoare oricît de mare.

Reducerea accelerațiilor (fig. 3) față de variantele $QR$, cu un anumit ordin de mărime, conduce la reducerea componentelor dinamice ale cuplului, respectiv la solicitări mult mai mici pentru motorul electric de acționare și pentru lanțul cinematic.

Pentru $\varphi \in \left(-\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{3}\right)$, relațiile de calcul ale mărimilor cinematice sînt aceleași ca la variantele $QR$. Se vor modifica valorile medii ale vitezelor și timpul de pivotare.

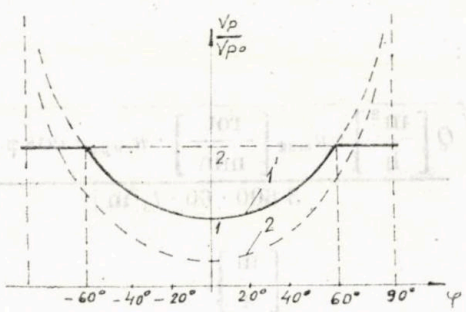



Fig. 2. Varianta tahogramelor cu palier.

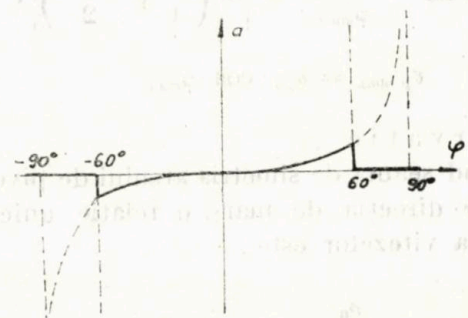



Fig. 3. Variația accelerației la variantele $QL$

$$v_{med} = \frac{1}{\varphi_{max}} \cdot \left[ \int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{v_0}{\cos\varphi} \, d\varphi + 2v_0 \cdot \left( \varphi_{max} - \frac{\pi}{3} \right) \right]; \quad (38)$$

$$v_{med} = \frac{v_0}{\varphi_{max}} \cdot [2(\varphi_{max} - \pi/3) + 1{,}31696]; \quad (39)$$

$$t_{piv} = 2 \cdot t_{piv\frac{\pi}{3}} + 2\Delta t = \frac{2R}{v_{p0}} \cdot \sin\frac{\pi}{3} + 2\frac{\varphi_{max} - \frac{\pi}{3}}{\omega_{p\,max}}; \quad (40)$$

$$t_{piv} = \frac{R}{v_{p0}} \left[ \sqrt{3} + \varphi_{max}(\text{rad}) - \frac{\pi}{3} \right]. \quad (41)$$

Referitor la modificările de debit pentru $\varphi > \frac{\pi}{3}$ avînd la bază relaţia :

$$Q(\varphi) = 3\,600 \cdot \frac{2\pi t_0}{n_c} \cdot r \cdot \frac{v_p^2(\varphi)}{v_r(\varphi)} \cdot \cos\varphi, \quad (42)$$

se pot discuta următoarele posibilităţi.

**a.** Pentru semnal de referinţă comun convertoarele statice de la ambele sisteme de acţionare electrică :

$$Q(\varphi > \pi/3) = K \cdot \cos\varphi. \quad (43)$$

Pierderea cumulată de debit pentru $\varphi > \frac{\pi}{3}$ va fi :

$$\Delta Q\% = \frac{K \cdot \left( \varphi_{max} - \frac{\pi}{3} \right) - \int_0^{\frac{\pi}{3}} K \cdot \cos\varphi \, d\varphi}{K \cdot \varphi_{max}} \cdot 100. \quad (44)$$

Atît $v_p$, cît şi $v_r$ vor fi limitate la $\varphi > \pi/3$ la dublul valorilor de bază $v_{p0}$ şi respectiv $v_{r0}$.

**b.** Se limitează la $2v_{r0}$ viteza roţii cu cupe şi se pune problema determinării $v_p(\varphi > \pi/3)$ astfel încît debitul să se menţină constant.

Atunci :

$$Q(\varphi > \pi/3) = K_1 \cdot \frac{v_p^2(\varphi)}{2v_{r0}} \cdot \cos\varphi = K_1 \cdot \frac{v_{p0}^2}{v_{r0}} = \text{ct}. \quad (45)$$

Rezultă :

$$v_p(\varphi > \pi/3) = v_{p0} \cdot \sqrt{\frac{2}{\cos\varphi}}. \quad (46)$$

**c.** Se limitează la $2v_{p0}$ viteza de pivotare şi se pune problema determinării $v_r(\varphi > \pi/3)$ pentru menţinerea constantă a debitului.

$$Q(\varphi > \pi/3) = K_1 \cdot \frac{(2v_{p0})^2}{v_r(\varphi)} \cdot \cos\varphi = \text{ct} = K_1 \cdot \frac{v_{p0}^2}{v_{r0}}. \quad (47)$$

Rezultă :

$$v_r(\varphi > \pi/3) = 4v_{r0} \cdot \cos\varphi. \quad (48)$$

Relaţia (48) conduce la o discontinuitate puternică în variaţia $v_r$, impunînd valori foarte mari imediat la $\varphi > \frac{\pi}{3}$. Varianta **c** nu este realizabilă practic, iar varianta **b** are cele mai bune performanţe, dar implică utilizarea a două blocuri de programare a referinţelor celor două sisteme de acţionare. Varianta **a** este comod implementabilă, iar pierderile de debit sînt reduse.

Pentru a compensa pierderile de debit la tipurile de utilaje cu $v_r = \text{ct}$, se impune modificarea vitezei de pivotare, după cum urmează :

$$Q(\varphi) = K_1 \cdot \frac{v_p^2(\varphi)}{v_{r0}} \cdot \cos\varphi = K_1 \cdot \frac{v_{p0}^2}{v_{r0}}; \quad (49)$$

$$v_p(\varphi) = v_{p0} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos\varphi}}. \quad (50)$$

Creşterea vitezei de pivotare fiind relativ lentă, iar sistemul de acţionare cu grup Ward — Leonard sau redresor comandat avînd posibilităţi de comandă deosebite, pragul de limitare al vitezei poate fi ridicat şi o dată cu aceasta lăţimea blocului excavat.

Relativ la faza de implementare a legilor de comandă obţinute se mai menţionează necesitatea ca în cazul sistemelor cu comandă indirectă (de exemplu la grupul Ward — Leonard reglajul se face la circuitul de excitaţie al generatorului) să se intercoreleze semnalele de prescriere a vitezei cu sarcina la mecanismele de lucru prin bucle de adaptare.

## V. Compararea cantitativă a variantelor

Pentru o analiză complexă a cinematicii mecanismelor de pivotare şi de la rotorul cu cupe, precum şi pentru compararea cantitativă a rezultatelor pentru variantele prezentate, s-a întocmit un program pe calculator (CINEX). Programul este de tip conversaţional, preluarea

datelor de la consolă fiind însoțită de mesaje explicative, specificarea unităților de măsură pentru parametri și a plajelor recomandate pentru o serie de constante. CINEX, pentru toate variantele prezentate (selectate prin chestionarea utilizatorului), realizează următoarele prelucrări :

- determină turația maximă la rotorul cu cupe ;
- calculează, în funcție de varianta adoptată, vitezele, accelerațiile și spațiile liniare sau unghiulare (valori extreme, medii și instantanee) pentru pivotare și rotația cupelor ; de asemenea, determină timpul de pivotare ;
- imprimă tabelele și graficele mărimilor menționate.

Rutina de imprimare are posibilități variate de paginare și caroiaj, trasează automat axele și adoptă factorii de scară optimi. Sînt trasate în zone separate pe orizontală curbele pentru accelerație, viteză și spațiu, iar pentru a avea o orientare cantitativă a rezultatelor, în dreapta graficelor se tipăresc tabelele cu valorile numerice ale rezultatelor.

Evoluția mărimilor cinematice se urmărește în funcție de $t$, datorită faptului că sub această formă sînt utile la întocmirea diagramei de sarcină și la dimensionarea sistemelor de acționare. Sesizarea dependențelor în funcție de $\varphi$ este imediată prin listarea în tabelul de valori și a coloanei $\varphi(t)$.

Execuția programului poate fi oprită la cerere, acesta putînd fi utilizat deci și pentru determinări parțiale. De asemenea, se pot relua la cerere un număr variabil de segmente de program, fie pentru a solicita informații relativ la un alt set de mărimi cinematice, fie pentru modificarea unor date sau opțiuni.

Principalele opțiuni ale utilizatorului în exploatarea programului sînt :

— adoptarea variantei (*QER*, *QEL*, *QAR*, *QAL*) ;

— adoptarea valorilor $v_{rmax}$ și $v_{pmax}$ mai mici ca cele calculate ;

— imprimarea sau nu a curbelor de variație ;

— selectarea setului de mărimi cinematice analizat (la mecanismul de pivotare sau la roata cu cupe, liniare sau unghiulare) ;

— specificarea parametrilor de imprimare :
  - numărul curbelor
  - caractere pentru curbe, axe, caroiaj separare zone grafice, prescurtări cap tabel
  - dimensiunile spațiului alocat graficelor

— specificarea incrementului de timp ;

— oprirea, continuarea sau reluarea execuției unor segmente de program.

Sinteza rezultatelor programului pentru excavatorul ESRc-1400 este prezentată în tabelul 1.

Sînt puși în evidență parametrii de comparație pentru cele patru variante, toate unitățile fiind în SI.

*Tabelul 1*

**Sinteza rezultatelor programului CINEX pentru excavatorul ESRc — *1400***

| Parametrul \ Q | | *QER* | *QEL* | *QAR* | *QAL* |
|---|---|---|---|---|---|
| *APIV* $a_p$ | *MIN* | −0,1567 | −0,0341 | −0,1567 | −0,0199 |
| | *MED* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *MAX* | 0,1567 | 0,0341 | 0,1567 | 0,0199 |
| *VPIV* $v_p$ | *MIN* | 0,17 | 0,42 | 0,17 | 0,32 |
| | *MED* | 0,30 | 0,61 | 0,30 | 0,46 |
| | *MAX* | 1,00 | 0,84 | 1,0 | 0,64 |
| *XPIV* | $x_p$ | 101,09 | 101,09 | 101,09 | 101,09 |
| *EPIV* $\varepsilon_p$ | *MIN* | −0,0043 | −0,0009 | −0,0043 | −0,0005 |
| | *MED* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *MAX* | 0,0043 | 0,0009 | 0,0043 | 0,0005 |
| *OPIV* $\omega_p$ | *MIN* | 0,0048 | 0,0117 | 0,0048 | 0,0089 |
| | *MED* | 0,0084 | 0,0168 | 0,0084 | 0,0128 |
| | *MAX* | 0,0276 | 0,0233 | 0,0276 | 0,0178 |
| *FPVI* | $\varphi_p$ | 160,0 | 160,0 | 160,0 | 160,0 |
| *AROT* $a_r$ | *MIN* | −0,408 | −0,105 | −0,408 | −0,080 |
| | *MED* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *MAX* | 0,408 | 0,105 | 0,408 | 0,080 |
| *VROT* $v_r$ | *MIN* | 0,45 | 1,3 | 0,45 | 1,30 |
| | *MED* | 0,79 | 1,88 | 0,79 | 1,88 |
| | *MAX* | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| *XROT* | $x_r$ | 262,96 | 311,37 | 262,96 | 408,16 |
| *EROT* $\varepsilon_r$ | *MIN* | −0,0709 | −0,0183 | −0,0709 | −0,0139 |
| | *MED* | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | *MAX* | −0,0709 | −0,0183 | −0,0709 | 0,0139 |
| *OROT* $\omega_r$ | *MIN* | 0,0786 | 0,2262 | 0,0786 | 0,2262 |
| | *MED* | 0,1371 | 0,3264 | 0,1371 | 0,3264 |
| | *MAX* | 0,4524 | 0,4524 | 0,4524 | 0,4524 |
| *FROT* | $\varphi_r$ | 2620,24 | 3102,68 | 2620,24 | 4067,14 |
| *TIMP* | $t$ | 410,60 | 178,41 | 410,60 | 233,87 |

Variantele cele mai avantajoase sînt *QEL* și *QAL* cu accelerații mult mai mici, timpi de pivotare diminuați și gamă de reglare 2 : 1. Esențiale în diminuarea $t_{piv}$, deci în creșterea productivității, sînt $v_{p0}$ și $v_{r0}$. Numărul de rotații ale cupelor este sensibil mărit la varianta *QAL*. Adoptînd pentru $v_{p0}$ valori majorate cu aproximativ 30%, în situația *QEL* se reduce timpul de pivotare cu aproape 25%, iar numărul de rotații la o pivotare completă este diminuat în aceeași proporție. Deci, pentru implementările practice, varianta *QEL* asigură parametrii optimi ; în cazul în care $v_{pmax}$ disponibilă pe utilaj este sub cea necesară acestui caz, se va utiliza *QAL* ca variantă suboptimală.

## VI. Evaluări ale efectelor economice la utilizarea reglajului vitezei de pivotare și a roții cu cupe

Un indice sintetic de apreciere a efectelor economice la utilizarea reglajului continuu $v_p(\varphi)$ și $v_r(\varphi)$ este timpul de pivotare, micșorarea acestuia implicînd creșterea numărului de ci-

cluri pe oră şi deci a cantităţii de material extrase.

La lucrul cu viteze constante, cantitatea de material extrasă în timpul $t$ va fi :

$$V_{te} = V_\varphi \frac{t}{t_{p1} + \Delta t}; \; t_{p1} = \frac{2R}{v_{p01}} \cdot \varphi_{max}, \quad (51)$$

$V_\varphi$ reprezintă volumul aşchiei pentru pivotare completă, presupus a fi acelaşi (la parametrii geometrici daţi) şi preluat integral în toate variantele, prin adoptarea parametrilor cinematici adecvaţi.

La lucrul cu viteze variabile (varianta *QEL*) :

$$V_{tv} = V_\varphi \cdot \frac{t}{t_{p2} + \Delta t}; \; t_{p2} =$$

$$= \frac{R}{v_{p0}} \cdot \left[\sqrt{3} + \varphi_{max} - \frac{\pi}{3}\right], \quad (52)$$

în care $\Delta t$ reprezintă timpul necesar schimbării treptei şi ripării.

Creşterile de producţie teoretice la un factor de utilizare $k_u$ al utilajului vor fi :

$$\Delta V \simeq \frac{V_{tv} - V_{te}}{V_{te}} \cdot Q_N \cdot k_u \cdot t; \quad (53)$$

$$\Delta V \simeq Q_N \cdot t \cdot k_u \times$$

$$\times \left(\frac{2v_{p0}}{v_{p01}} \cdot \frac{\varphi_{max}}{\sqrt{3} + \varphi_{max} - \pi/3}\right). \quad (54)$$

## Concluzii

Lucrarea a abordat pentru prima oară cinematica acţionări lor reglabile de la mecanismul de pivotare şi de la rotorul cu cupe al excavatoarelor cu rotor. S-au avut în vedere aspectele analitice, variantele posibile, compararea acestora şi modalităţile de aplicare a rezultatelor. Cu ajutorul unui program pe calculator cu largi posibilităţi de investigare, s-au prefigurat caracteristicile esenţiale ale sistemelor de acţionare reglabile de la rotorul cu cupe şi de la mecanismul de pivotare. În configurarea completă şi în dimensionarea acestora, mai trebuie avute în vedere aspectele legate de diagramele cuplului static şi de necesităţile de comandă pentru realizarea corespunzătoare a suprafeţelor taluzului, pentru integrarea într-un ciclu de funcţionare automată a excavatorului. Sînt probleme care necesită un studiu amănunţit în continuare.

### Bibliografie


[1] Fodor, D. *Exploatări miniere la zi*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1980.

[2] Fodor, D., Iliaş, N., Ţiştea, D. *Mecanizarea în exploatările miniere la zi*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1978.

[3] Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I. *Determinarea legilor de variaţie pentru vitezele de bază ale mecanismelor excavatoarelor cu rotor funcţionînd cu debit constant*. Mine, Petrol şi Gaze, nr. 9, 1989.

[4] Pfeifer, M., Kurth, F. *Tagebaugrossgerate und Universalbagger*. VEB Verlag Technic, Berlin, 1971.

# Considerații privind mecanismul de realizare a amalgamării aurului liber

Dr. ing. O. Kheil

## I. Despre posibilitățile și perspectiva de utilizare a amalgamării la extragerea aurului liber conținut în diferite minereuri

Cunoscută ca metodă de extragere a aurului liber încă din cele mai vechi timpuri [1], amalgamarea nu a realizat o perfecționare mai deosebită comparativ cu celelalte metode de concentrare utilizate în tehnica preparării substanțelor minerale utile.

Perfecționările tehnologice înregistrate sînt relativ reduse, iar cele aferente mijloacelor de realizare nu sînt la un nivel care să satisfacă actualele exigențe generate de necesitățile valorificării unor minereuri cu conținuturi mai scăzute și mărimi ale granulelor de aur liber mai reduse [2].

Caracteristicile acestor tipuri de minereuri generează o serie de dificultăți în utilizarea concentrării aurului prin amalgamare, determinate mai ales de contaminarea superficială a granulelor de aur [3; 4]. Această contaminare se datorește acoperirii suprafețelor granulelor, integral sau parțial, cu pelicule rezultate din interacțiunea unor agenți conținuți în mediul apos în care are loc procesul cu diferite impurități conținute la suprafața granulelor de aur sau adeziunii fizice a unor substanțe conținute în același mediu apos al tulburelii. Studiile microscopice executate au scos în evidență existența pe suprafața granulelor de aur a unor particule extrem de mici formate din minerale de gangă, mai ales atunci cînd măcinarea se execută în prezența unor minerale ca sericite, caolin sau oxizi de fier. Prin imprimarea acestor particule pe suprafața aurului, uneori definitiv, se realizează învelișuri de natură nemetalică, făcînd granulele de aur improprii realizării contactului cu mercurul [3].

Fenomenele de mai sus sînt frecvent întîlnite în cazul minereurilor cu conținut redus de aur cînd, datorită măcinării avansate — realizate la nivelul mărimii granulelor de aur — ,se obține o cantitate mare de minerale nemetalifere fine (șlamuri).

Natura și conținutul diferitelor minerale de gangă prezente în minereul supus prelucrării și a substanțelor dizolvate în apa utilizată ca mediu de amalgamare au un rol deosebit în realizarea procedeului.

Apa, pe lîngă faptul că reprezintă mediul în care se desfășoară procedeul, are un rol important fizico-chimic prin stratul de molecule orientat cu care sînt învelite cele două faze — aurul și mercurul.

Gradul de mărunțire a materialului supus procedeului are un rol important prin comportarea diferită a granulelor de aur, funcție de mărime, la realizarea adeziunii lor la mercur. În cazul granulelor grobe adeziunea are loc în mare parte ca urmare a intervenției forțelor gravitaționale, iar în cazul granulelor fine fenomenul are loc mai mult sub influența forțelor moleculare și hidrodinamice.

Se desprinde faptul că amalgamarea aurului este influențată de un complex de factori care diferă ca intensitate de acțiune. Cunoașterea acestora și a modului în care ei acționează, în primul rînd în fazele de adeziune a mercurului la granulele de aur și apoi în menținerea și intensificarea, respectiv stabilizarea complexului aur-mercur format, reprezintă esențialul în crearea condițiilor favorabile pentru desfășurarea procedeului.

În lucrare se prezintă stadiul actual de cunoaștere a desfășurării mecanismului de realizare a amalgamării, suportul teoretic al acesteia, sensul în care acționează factorii care determină realizarea procesului pentru a se putea interveni în desfășurarea lui.

S-a ținut seama de condițiile actuale existente în țară și în lume privind trecerea la valorificarea și a unor minereuri cu conținuturi mai scăzute și cu mărimea mai redusă a granulelor de aur [2], condiții care, pentru o amalgamare eficientă, impun realizarea unor forțe puternice de adeziune mercur-aur și o stabilitate mare a agregatelor aur-mercur formate în condițiile hidrodinamice din aparatele de amalgamare. Lucrarea face o fundamentare a concluziilor teoretice prin cercetări practice a căror prezentare aduce o modestă contribuție la susținerea teoretică a mecanismului de desfășurare a amalgamării aurului. În baza lor se poate acționa în sensul îmbunătățirii eficienței procedeului și al creării condițiilor pentru utilizarea lui la diferite tipuri de minereuri mai greu preparabile.

## II. Considerații teoretice asupra mecanismului de desfășurare a amalgamării

Amalgamarea, ca procedeu de concentrare, se bazează pe umectarea selectivă de către mercur a granulelor de aur.

Procedeul poate fi atribuit unui complex de fenomene hidrodinamice și fizico-chimice, care au loc între cele trei faze ce vin în contact, și anume:

— faza solidă, reprezentată prin granulele de aur liber;

— mercurul lichid, sub forma unor straturi sau sub formă dispersă;

— mediul de amalgamare, constituit îndeosebi din apă, respectiv soluție apoasă a unor substanțe dizolvate.

În prezent, amalgamarea, în ansamblu, se desfășoară în mai multe stadii succesive, ca urmare a efectelor diferitelor forțe care intervin în realizarea procesului. Schema principală de desfășurare se poate rezuma la următoarele stadii de bază (fig. 1):

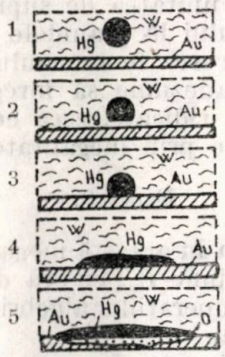



Fig. 1. Schema stadiilor de bază ale desfășurării amalgamării: *1* — coexistența în sistemul eterogen a celor trei faze între care are loc fenomenul (Au — aur; Hg — mercur; W — soluție); *2* — apropierea dintre mercur și aur cu stabilirea stratelor de lichid dintre interfața și deformarea picăturii de mercur; *3* — adeziunea mercurului la aur ca urmare a ruperii stratelor (*D* — zona de difuziune); *4* — întinderea mercurului pe suprafața aurului pînă la formarea unui echilibru; *5* — difuziunea mercurului între moleculele aurului pînă la întrepătrunderea completă a celor două molecule.

**1** — coexistența în sistemul eterogen minereu măcinat-soluție apoasă (tulbureală) a celor trei faze: aur, mercur, soluție (apă);

**2** — apropierea granulelor de aur de mercur sub influența forțelor gravitaționale, hidrodinamice etc. cu deformarea suprafețelor de contact și înlăturarea stratelor (filmelor) de lichid care le acoperă;

**3** — adeziunea granulelor de aur la mercur, ca urmare a interacțiunii forțelor moleculare situate în suprafețele de separație a acestor faze;

**4** — întinderea mercurului pe suprafața granulei de aur;

**5** — difuziunea concomitentă sau în continuare a mercurului în interiorul granulelor de aur, pînă la întrepătrunderea completă a celor două elemente.

Primele patru stadii se realizează sub influența forțelor superficiale din straturile moleculare care compun interfețele celor trei faze între care au loc fenomenele. Stările energetice diferite ale moleculelor situate în aceste interfețe, față de cele situate în interiorul fazelor respective, reprezintă cauza declanșării fenomenelor.

Rezultă că starea energetică superficială a fazelor, caracterizată prin energia liberă a suprafețelor respective, este factorul de bază care dirijează fenomenele superficiale în cauză. După primele patru stadii de bază are loc, în final, întinderea parțială sau totală a mercurului pe suprafața granulelor de aur. În ansamblu, complexul de fenomene poate fi asemuit cu cel al umectării cu apă a granulelor minerale, fapt pentru care am denumit acest complex de fenomene umectare cu mercur a aurului.

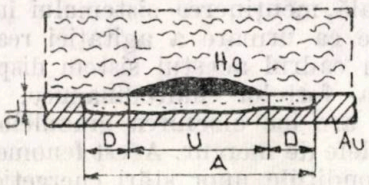



Fig. 2. Schema desfășurării amalgamării definită prin umectarea și difuziunea de către mercur a aurului:
Hg — mercur; Au — aur; *L* — soluție (apă); *U* — zonă de umectare; *D* — zonă de difuziune; *A* — zonă de amalgamare; *OL* — adîncimea de difuziune a mercurului în aur.

Ultimul stadiu al amalgamării — difuziunea — are loc, aproape integral, sub influența forțelor moleculare, desfășurarea lui în timp fiind incomparabil mai mare decît a celorlalte patru stadii.

În figura 2 este reprezentat schematic procedeul de desfășurare a amalgamării, redus la cele două fenomene complexe care îl compun în ansamblu, respectiv umectarea și difuziunea totală sau parțială a aurului de către mercur.

Zona de amalgamare a aurului *A*, compusă din cele două zone de umectare *U* și de difuziune *D*, de către mercur a aurului, se extinde și în interiorul acesteia pe o distanță $\Delta L$ aferentă difuziunii în adîncime a mercurului între moleculele de aur. Fenomenul începe imediat după adeziunea mercurului la aur și continuă pînă la realizarea integrală a amalgamării.

Difuziunea mercurului printre moleculele de aur are loc indiferent de modul în care se produce adeziunea. Se apreciază însă că difuziunea influențează mai puțin desfășurarea fenomenelor în ansamblu deoarece, după umectare, mercurul continuă să difuzeze pînă la întrepătrunderea completă a moleculelor.

Umectarea și difuziunea nu se realizează independent, ele fiind strîns legate, influențîndu-se reciproc. Evident că studierea separată a fenomenelor în aceste condiții nu se poate face, în toate cazurile fiind necesară luarea în considerare a tuturor fenomenelor care au loc în timpul desfășurării procesului.

### III. Relații energetice superficiale care intervin în desfășurarea procedeului de amalgamare

În sistemul eterogen al tulburelii în care are loc amalgamarea sînt prezente, în soluția apoasă, pe lîngă granulele diferitelor minerale, și granulele de aur liber desfăcute din concrescențe, ca urmare a operațiilor de mărunțire executate în prealabil. Tot în această tulbureală se găsește și mercurul sub formă de particule disperse, de diferite mărimi, în funcție de modul în care

are loc procesul lor de împrăştiere. Uneori mercurul poate lipsi din sistemul dispers al tulburelii, el dispunîndu-se sub diferite forme în aparatul utilizat, astfel încît să prezinte suprafeţe de contact cît mai intense.

În primul caz, în care atît granulele de aur, cît şi particulele de mercur se află dispersate în tulbureală, menţinerea sistemului în suspensie se face ca urmare a agitaţiei realizate în aparat. În cadrul acestui sistem dispers, prin intervenţia forţelor hidrodinamice, gravimetrice etc., are loc ciocnirea granulelor de aur cu particulele de mercur. Acest fenomen se produce în condiţiile unor stări energetice superficiale favorabile, a unor intensităţi corespunzătoare de deplasare imprimate particulelor de mercur, respectiv granulelor de aur.

Starea energetică specifică a sistemului dispers aur-mercur-apă, caracterizată prin tensiunile interfaciale:

$\sigma_{Au,W}$ — tensiunea interfacială aur-apă;

$\sigma_{Au,Hg}$ — tensiunea interfacială aur-mercur;

$\sigma_{Hg,W}$ — tensiunea interfacială mercur-apă

şi prin suprafeţele celor $n$ granule de aur sau, respectiv, a celor $m$ particule de mercur dispers, avînd suprafeţele $S_{Hg}$ poate fi redată cu ajutorul relaţiei:

$$E_1 = \sigma_{Au,W} \sum_{i=1}^{n} S_{Au,W} + \sigma_{Hg,W} \sum_{i=1}^{m} S_{Hg,W}. \quad (1)$$

În urma ciocnirii granulelor de aur cu particulele de Hg, un număr de $K$ granule de aur aderă la particulele de mercur, formînd agregate aur-mercur.

În urma adeziunii, mercurul acoperă o anumită suprafaţă a granulei de aur $S_i$ pînă la realizarea unui echilibru. În situaţia nou creată în ariile de contact $S_i$ energiile superficiale vor fi definite prin produsul dintre tensiunea superficială respectivă $\sigma_{Au,Hg}$ şi ariile de contact $S_i$.

În ansamblu, starea energetică superficială a sistemului în etapa a doua poate fi definită prin relaţia:

$$E_2 = \sigma_{Au,W}\left(\sum_{i=1}^{n} S_{Au,W} - \sum_{i=1}^{K} \Delta S_i\right) +$$

$$+ \sigma_{Hg,W}\left(\sum_{i=1}^{m} S_{Hg,W} - \sum_{i=1}^{K} S_i\right) + \sigma_{Hg,Au} \sum_{i=1}^{K_1} \Delta S_i. \quad (2)$$

Fiind un fenomen care se desfăşoară spontan, adeziunea mercurului la granulele de aur se va produce numai în cazul în care energia liberă superficială a sistemului, în fază finală, va fi mai mică decît în cea iniţială. În acest caz, trebuie să fie satisfăcută inegalitatea:

$$E_1 - E_2 > 0. \quad (3)$$

Înlocuind în această inegalitate valorile energiilor superficiale $E_1$ şi $E_2$ date de relaţiile (1) şi (2), efectuînd operaţiile algebrice posibile şi raportînd energia rezultată la unitatea de suprafaţă, se obţine:

$$E_{ad} = \sigma_{Au,W} + \sigma_{Hg,W} - \sigma_{Au,Hg} > 0. \quad (4)$$

În inegalitatea (4) s-a notat cu $E_{ad}$ energia de adeziune pe unitatea de suprafaţă de adeziune a mercurului la granulele de aur.

Pentru producerea fenomenului este necesar ca energia de adeziune să înregistreze valori pozitive cît mai ridicate, ceea ce se poate exprima matematic prin inegalitatea:

$$E_{ad} > 0. \quad (5)$$

Prin înlocuirea în această inegalitate a valorii energiei de adeziune $E_{ad}$ cu cea dată de relaţia (4) şi efectuarea operaţiilor algebrice corespunzătoare, se obţine:

$$\sigma_{Au,W} + \sigma_{Hg,W} > \sigma_{Au,Hg}. \quad (6)$$

Rezultă că pentru producerea adeziunii mercurului la granulele de aur este necesar ca unitatea de suprafaţă nou formată la limita de separare aur-mercur să aibă o energie liberă superficială mai mică decît totalul energiilor superficiale la limitele suprafeţelor de separaţie mercur-apă şi aur-apă dispărute în urma realizării fenomenului.

Energia de adeziune a mercurului la granula de aur este cu atît mai mare, cu cît suprafaţa de contact $S_i$ este mai mare. Ca urmare complexul aur-mercur, format după adeziune, este cu atît mai stabil, cu cît suprafaţa granulelor de aur va fi mai mult acoperită cu mercur, ceea ce se poate obţine prin asigurarea condiţiilor energetice superficiale pentru realizarea întinderii, respectiv a etalării mercurului pe suprafaţa granulei de aur.

Prin producerea etalării, suprafaţa aurului se acoperă cu un strat de mercur ceea ce revine la înlocuirea suprafeţei aurului (interfaţa aur-apă) cu o suprafaţă de separare aur-mercur, respectiv mercur-apă. Ca urmare, scăderea energiei libere $E_{et}$ pe unitatea de suprafaţă este egală cu:

$$E_{et} = \sigma_{Au,W} - (\sigma_{Au,Hg} + \sigma_{Hg,W}). \quad (7)$$

Pentru ca etalarea să aibă loc, se impune ca valoarea coeficientului de etalare $E_{et}$ să fie cît mai mare adică:

$$E_{et} > 0. \quad (8)$$

Între energia de adeziune $E_{ad}$ şi coeficientul de etalare $E_{et}$ se poate stabili egalitatea:

$$E_{et} = E_{ad} - 2\sigma_{Hg,W}, \quad (9)$$

care indică faptul că în cazul etalării mercurului pe suprafaţa aurului scăderea energiei libere este mai mică decît în cazul realizării adeziunii. Ca urmare adeziunea poate avea loc fără ca în continuare să aibă loc etalarea.

În vederea realizării etalării, ceea ce este esenţial pentru producerea amalgamării, se impune ca valoarea coeficientului de etalare $E_{et}$ să fie cît mai mare. Acest lucru se poate realiza căutînd mijloace pentru micşorarea tensiunii superficiale mercur-apă ($\sigma_{Hg,W}$). Menţinerea la un nivel scăzut a acestei tensiuni creează condiţii favorabile pentru realizarea atît a adeziunii, cît şi a etalării.

Evident însă că valoarea tensiunii interfaciale mercur-apă $\sigma_{Hg,W}$ nu poate fi coborîtă sub o anumită valoare, mijloacele tehnice fiind încă insuficiente. Practic, pentru fiecare caz în parte există o valoare optimă minimă $\sigma_{Hg,W}$ care se poate realiza efectiv şi care poate fi stabilită. Acestei valori optime minime îi corespunde o valoare maximă a extracţiei de aur $m_{Au}$, valoare care reprezintă maximul funcţiei de corelaţie dintre cei doi parametri ai procesului:

$$m_{Au} = f(\sigma_{Hg,W}). \qquad (10)$$

## IV. Urmărirea experimentală a desfăşurării amalgamării aurului liber

Realizarea amalgamării este determinată, după cum s-a arătat, în principal de fenomenul de umectare a aurului de către mercur. Umectarea fiind un fenomen complex, care are loc la interfeţele fazelor de contact, este determinată de starea superficială a acestora. În aceste interfeţe acţionează şi forţele datorate încărcării electrice superficiale ale aurului şi mercurului. În funcţie de natura electrochimică a soluţiei cele două metale se încarcă superficial, pozitiv sau negativ, straturile superficiale dublu electrice dispunîndu-se în mod corespunzător. Ca urmare a micşorării intervalului despărţitor, la apropierea granulei de aur de mercur are loc o modificare a intensităţii cîmpului electric, însoţită de o dispunere a sarcinilor electrice superficiale la nivelul celor două metale. Urmărirea variaţiei intensităţii cîmpului electric continuu, pînă în momentul contactului şi după realizarea acestuia, reprezintă o posibilitate de investigare a desfăşurării fenomenului complex al umectării aurului de către mercur, posibilitate care a fost utilizată la realizarea experimentărilor.

Schema de principiu a instalaţiei experimentale utilizate, redată în figura 3, iar vederea de ansamblu în figura 4, au inclus un sistem de prindere a unei plăcuţe de aur cu posibilităţi de manevrare în spaţiu a acesteia, un suport pentru o bobiţă de mercur cu posibilitate de concentrare la electrodul unui aparat pentru măsurarea intensităţii de curent continuu, vasul pentru apa utilizată ca mediu de amalgamare, lupa binoculară pentru urmărirea desfăşurării fenomenelor, electrodul introdus în apă constituind cel de-al doilea pol al aparatului de măsurare a intensităţii cîmpului electric.

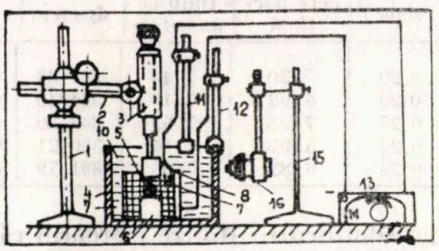



Fig. 3. Schema instalaţiei experimentale pentru determinarea stadiilor de realizare a amalgamării aurului: *1* — stativ suport; *2* — braţ mobil de deplasare pe orizontală; *3* — braţ reglabil cu deplasare pe verticală; *4* — vas din material plastic; *5* — picătură de mercur; *6* — suport pentru picătura de mercur; *7* — plăcuţă de aur; *8* — suportul plăcuţei de aur; *9* — placă închisă milimetrică; *10* — soluţie; *11* — suportul conductorului izolat legat la polul pozitiv; *12* — suportul conductorului izolat legat la polul negativ; *13* — aparat pentru măsurarea tensiunii (milivoltmetru); *14* — lupa binoculară cu aparat de fotografiat; *15* — suport reglabil.

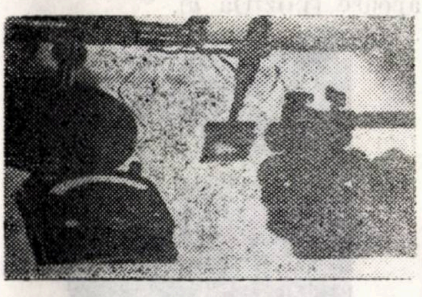


Fig. 4. Vedere de ansamblu a instalaţiei experimentale.

Durata adeziunii, respectiv a întinderii parţiale a mercurului pe plăcuţa de aur, s-a determinat cu ajutorul unui aparat de măsură.

La apropierea de plăcuţa de aur se produc o deformare a bobiţei de mercur şi o mişcare evidentă continuă a stratului de apă existent între aceste suprafeţe.

Cînd se ajunge la pelicula de apă legată superficial, se produc ruperea bruscă a acesteia şi realizarea efectivă a adeziunii mercurului la plăcuţa de aur.

Durata de realizare a acestor stadii a fost măsurată, iar valorile sînt evidenţiate în tabelul 1. În continuare se produce întinderea mercurului pe suprafaţa aurului, pînă cînd între mercurul rămas în picătură, respectiv cel întins pe suprafaţa aurului, se produce un echilibru relativ. Durata de realizare a acestui stadiu, pe care l-am numit întindere parţială, a fost măsurată şi este redată în tabelul 1.

Începînd cu limita acestui echilibru, întinderea mercurului pe suprafaţa aurului are loc prin difuziune.

*Tabelul 1*

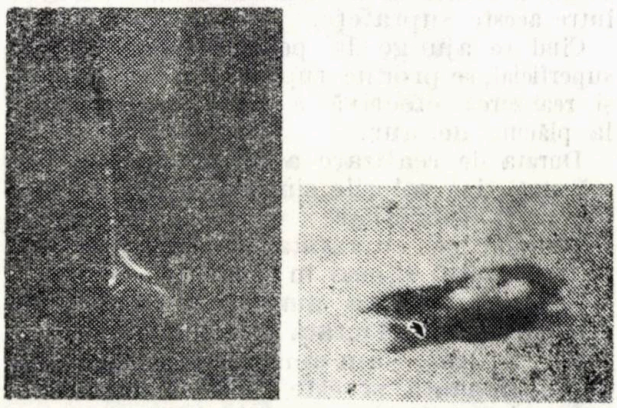
**Durata medie de umectare parțială cu mercur a aurului în apă industrială**

| Nr. determinărilor | Durata medie de realizare a fenomenului | | | Tens. interfacială mercur/apă, dym/cm | pH | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | de aderziune | de întindere parțială | total timp de umectare | | | |
| 3 | 0,29 | 7,20 | 7,49 | 361,33 | 6,5 | Media |
| 3 | 0,26 | 6,92 | 7,18 | 364,40 | 6,6 | |
| 2 | 0,27 | 7,25 | 7,52 | 363,20 | 6,4 | |
| 3 | 0,23 | 5,93 | 6,16 | 360,21 | 6,6 | |
| 11 | 0,26 | 6,82 | 7,08 | 361,79 | 6,62 | |

Limita echilibrului dintre mercurul rămas în picătură și cel întins pe suprafața plăcuței de aur a putut fi evidențiată prin fotografiere în cazul utilizării unei soluții de CaO (0,15%) și este redată în figura 5.

În figura 6 este redată întinderea în continuare, prin difuziune, a mercurului pe plăcuța de aur, atît în condițiile tehnologiei experimentale prezentate (poziția *a*), cît și prin picurarea mercurului pe suprafața unei plăcuțe de aur așezată orizontal într-un vas conținînd diferite soluții apoase (poziția *b*).

Fig. 5. Echilibru relativ picătură-strat de mercur întins pe suprafața unei plăcuțe de aur.



*a* *b*

Fig. 6. Întinderea prin difuziune a mercurului pe o plăcuță de aur: *a* — poziția verticală; *b* — poziția orizontală.

Întinderea mercurului se realizează mai repede pe suprafața care prezintă asperități, rugozități sau striațiuni, respectiv pe muchiile plăcuței de aur. În figura 7 este fotografiată întinderea mercurului pe suprafața cu striațiuni a unei plăcuțe de aur.

Rezultatele experimentărilor efectuate au confirmat importanța teoretică enunțată la începutul lucrării referitoare la mecanismul de desfășurare a umectării cu mercur a aurului.

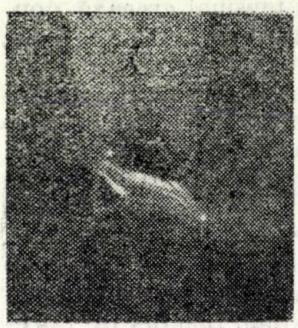


Fig. 7. Întinderea mercurului pe suprafața unei plăcuțe de aur cu striațiuni.

Întregul fenomen complex a fost redat schematic în viziunea experimentărilor redate în figura 8. Cele patru stadii de realizare a umectării cu mercur a aurului, evidențiate în figura 8, nu pot fi separate, ele desfășurîndu-se succesiv o dată cu declanșarea fenomenului.

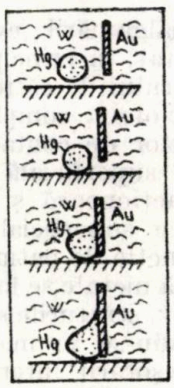



Fig. 8. Schema stadiilor de bază ale fenomenului complex de umectare cu mercur a aurului: *1* — coexistența în sistemul eterogen mercur-soluție a celor trei faze între care are loc fenomenul; *2* — apropierea dintre mercur și aur, subțierea stratelor de lichid dintre interfețe și deformarea picăturii de mercur; *3* — adeziunea mercurului la aur ca urmare a ruperii stratelor de lichid dintre interfețe și a realizării contactului; *4* — întinderea mercurului pe suprafața aurului pînă la realizarea echilibrului.

## Concluzii

Lucrarea axată, în prima fază, pe analiza detaliată teoretică a relațiilor dintre mărimile energetice superficiale care caracterizează și determină, în ansamblu, desfășurarea amalgamării aurului și apoi pe experimentări efectuate cu ajutorul unei aparaturi concepute și realizate special în acest scop, scoate în evidență

justețea concepției privind realizarea procedeului în ansamblu ca urmare a unei succesiuni de fenomene, primele datorate, în mare parte, intervenției forțelor superficiale dintre faze, reprezentînd umectarea aurului de către mercur, iar ultimul fenomen care reprezintă difuziunea mercurului printre moleculele aurului datorită forțelor moleculare, întregul complex de fenomene influențîndu-se reciproc.

Dintre aceste stadii, umectarea aurului de către mercur determină, în principal, realizarea procedeului. S-a demonstrat că, pentru realizarea eficientă a amalgamării, forțele interfaciale trebuie să asigure — după adeziune — întinderea mercurului pe întreaga suprafață a aurului. Pentru aceasta este necesar să se realizeze o valoare cît mai mare a coeficientului de etalare $E_{et}$. Acest lucru se poate obține căutînd mijloace pentru scăderea valorii tensiunii interfaciale mercur-apă.

Elementele puse la dispoziția practicienilor și cercetătorilor creează posibilități noi de utilizare a acestui procedeu de concentrare a aurului pentru valorificarea unor minereuri cu conținuturi mai reduse.

**Bibliografie**


[1] Schenen, J. *Lehrbuch der Erz und Stein Kohlenaufbachtung.* Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 1930.

[2] Bodiu, A., Paraschiv, I. *Progrese în prepararea minereurilor neferoase.* O.D.P.T., București, 1969.

[3] Head, R. F. *Caracteristicile fizice ale aurului conținut în sterilele de haldă.* Mining metods, vol. 13, New York, 1939.

[4] Aldright, G. L., Head, R. F. *Revelațiuni microscopice cu privire la influența măcinării în mori asupra flotabilității aurului.* Engineering and Mining Journal 1933.

[5] Kheil, O. *Posibilități de mărire a extracțiilor la prepararea prin amalgamare și flotație a minereurilor cu aur liber și conținut redus,* I.M. Petroșani, 1978.


# Considerații genetice asupra calcarelor de Jaslo


Șef. lucr. ing. **D. Frunzescu**, prof. dr. ing. **I. Pârcălăbescu**, șef. lucr. **ing. O. Georgescu**, șef. lucr. ing. **I. Nistor**

Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


Depozitele oligocene ale Carpaților Orientali ca, de altfel, întreaga suită paleogenă sînt caracterizate de o stratificație ritmică de tip fliș, în regim de sedimentare turbiditic și prezintă mari variații de facies longitudinale și transversale pe arcul carpatic. Există mai multe orizonturi stratigrafice, separate pe criterii litologice, mai puțin paleontologice, a căror continuitate este, uneori, remarcabilă. O problemă majoră, de interes stratigrafic, legată de diversele orizonturi, este corelarea lor. Astfel, corelarea depozitelor unităților de Tarcău și de Doamna s-a abordat prin asemănare petrografică, pe repere stratigrafice și, mai nou, micropaleontologice. Între reperele stratigrafice, alături de tufuri vulcanice, o însemnătate considerabilă par a avea nivelele de calcare de Jaslo, dezvoltate în diferitele faciesuri ale unităților amintite cu o consecvență remarcabilă.

Calcarele de Jaslo au fost descrise pentru prima dată în 1883 de Uhlig, pe rîul Wisloka, lîngă localitatea Jaslo din Carpații centrali ai Poloniei. Considerate reper cu valoare locală au fost consemnate atent de geologii polonezi în încercarea de corelare a stratelor de Krosno din diverse unități tectonice. Pe teritoriul Carpaților Orientali din România au fost identificate de H. Swidzinski (1935), Băncilă (1937, 1955), Alexandrescu (1959), Kotlarczyk cu M.G. Filipescu (1961), Săndulescu (1964). Abordarea stratigrafică a calcarelor de Jaslo în viziunea unui reper larg, regional pentru zona din Moldova a Carpaților Orientali, apare în lucrarea de detaliu Alexandrescu, Brustur (1985). Continuitatea calcarelor din Jaslo la diferite nivele ale orizonturilor din faciesurile interne sau externe ale zonei sudice a Carpaților Orientali, sporadic descrise în literatură, este un fapt dovedit (Alexandrescu, Frunzescu, date inedite).

Calcarele de Jaslo, dezvoltate în straie subdecimetrice — decimetrice, grupate în intervale de 3 la 10 m, prezintă toate aspectele litologice anterior descrise în Carpații Poloniei sau ai Moldovei. Se prezintă ca o asociere de calcare subțiri, gri-albicioase sau brun-gălbui, constituite din lamine submilimetrice alternante de calcar micritic (mai deschise la culoare) și amestec de micrit cu material organic (de culori mai închise) (fig. 1). Pe alocuri, apar cu laminație vagă, lipsite de laminație sau cu silicifieri de tip chaille. Laminația este vizibilă pe fețe mult expuse, în deschideri proaspete fiind mai greu de sesizat. Apar circa 40 de lamine pe 1 cm. La microscop, în secțiuni perpendiculare pe stratificație se văd lamine izotrope de culoare brună (dată de materia organică bituminoasă, hidroxizi de fier și minerale argiloase), alternînd cu lamine de culoare deschisă de calcar micritic. Distanța dintre lamine este de 0,2—0,3 mm. În secțiuni paralele cu

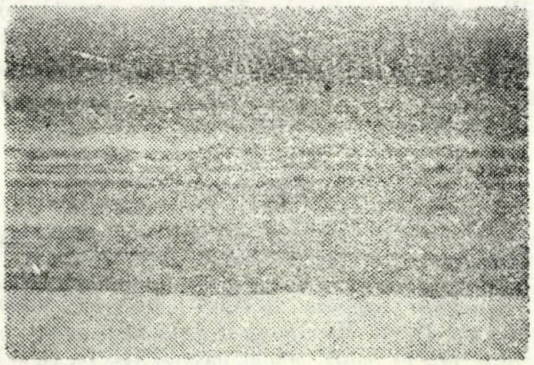


Fig. 1. Aspect macroscopic al calcarelor de Jaslo.

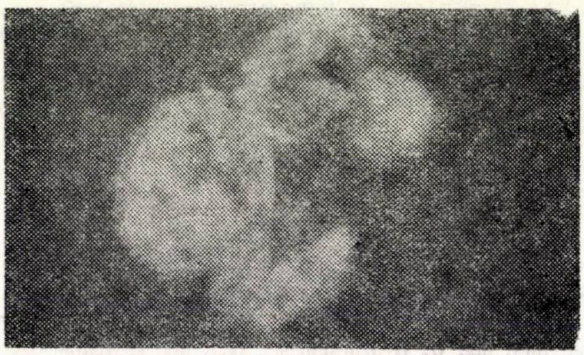


Fig. 2. Aspect macroscopic al calcarelor de Jaslo în secţiune paralelă cu stratificaţia (mărire 15 0x ).

stratificaţia (fig. 2) apare o masă de calcar micritic, cu zone dispuse haotic, impregnate cu oxizi de fier şi minerale argiloase şi numeroase secţiuni prin Globigerinide formate din calcit sparitic. În secţiuni lustruite se pot observa texturi de globigerinide, oase de peşti, fragmente de cochilii subţiri de lamelibranhiate şi granule de pirită.

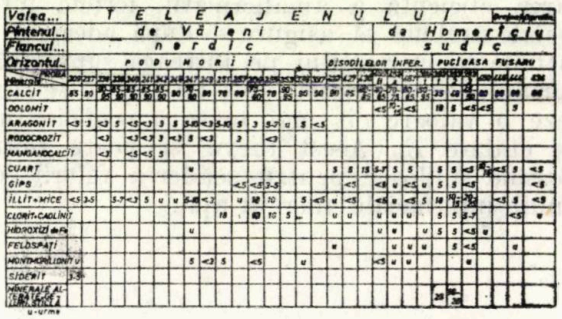
Analize mineralogice efectuate pe numeroase probe reflectă o remarcabilă consecvenţă a compoziţiei mineralogice (tab. 1). Majoritatea probelor au 85—95% calcit, sub 5% dolomit, circa 5% cuarţ, gips sub 5% sau, ca urme, minerale argiloase (illit+mice hidratate) sub 5%, iar hidroxizi de fier, feldspaţi, siderit apar rar, sub 5% sau ca urme.

Cercetate cu ajutorul microscopului electronic cu baleiaj REM 100, în secţiuni perpendiculare pe stratificaţie (fig. 3), apare o aglomerare strînsă de texturi discoidale inelare, corpuscule elipsoidale alungite cu fenomene de supracreştere şi între ele fragmente rotunjite, minuscule, alungite ce ar putea reprezenta fragmente de pelete fecale de cimentare. Există o evidentă textură cvasiparalelă a materialului. Privite în detaliu, la măriri de 15 000 x (fig. 4) se pot vedea romboedri de calcit ataşaţi la corpusculele elipsoidale inelare, aparţinînd unor plăcuţe de Coccolithophorideae. În secţiune paralelă cu stratificaţia, la măriri de 5 000 x, apar suprafeţe aproximativ paralele, cu forme neregulate, cratere, forme de dizolvare, creştere, forme de rupere la prelucrare, terminate cu cueste (capete de strate laminate).

Pe fotografii se pot vedea discurile aplatisate în secţiune ale cocolitelor. Calcitul de bordură pare a fi ornamentat. Zona centrală pare a fi lipsită de material sau umplută cu material de altă factură. Unele piese sînt acoperite cu un fel de voal, probabil taluri de alge.

*Tabelul 1*

**Compoziţia mineralogică pentru cîteva probe de calcare de Jaslo**



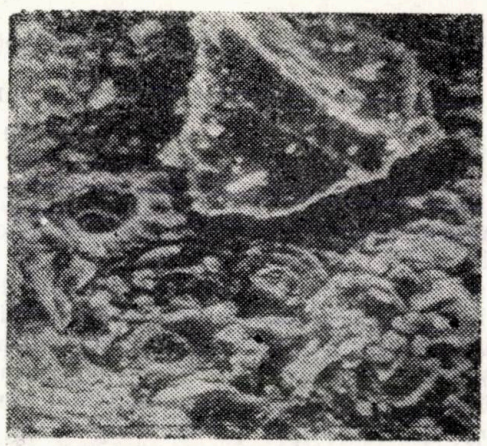


Fig. 3. Aspect al calcarelor de Jaslo la microscopul electronic cu baleiaj în secţiune perpendiculară pe stratificaţie (mărire 5 000 x).

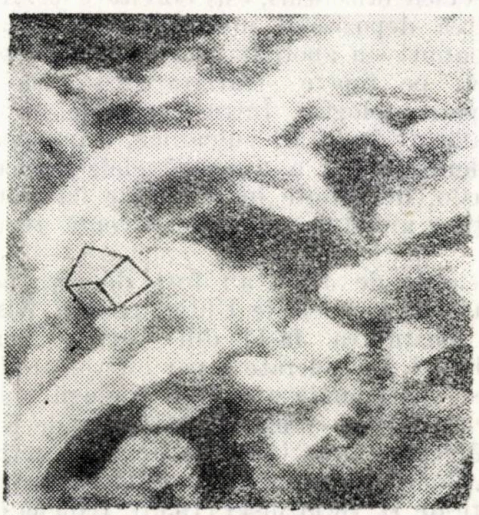


Fig. 4. Detaliu al calcarelor de Jaslo la microscopul electronic cu baleiaj în secţiune perpendiculară pe stratificaţie (mărire 15 000 x).

Aceeași probă privită la microscopul electronic prin transmisie, cu mărire de 10 000 x, relevă (fig. 5) îmbinări de plăcuțe discoidale tronconice de cocolite, cu fragmente de plăcuțe, material de umplutură (fig. 5, 6) și uneori cu resturi mai vizibile de tal (fig. 7). Suprafețele diferitelor entități (fig. 5) prezintă alternanțe radiare de muchii înguste, ușor meandrate, „indurate" de noduli, probabil din substanță organică bituminoasă, cu depresiuni mai largi, sugerînd un fel de forme de dizolvare (microkaren) și muchii de clivaj de rupere. Între elementele calcaroase apar zone negre datorită fragmentelor de calcit rupte din secțiune și căzute din replică, opace spotului de electroni. Pe fotografia 8 (mărire 5 000 x) se vede clar contactul unor corpuscule calcaroase neregulate rotunjite, cu altele cu forme geometrice, precum și cimentul de umplutură ce lasă loc numai pentru o mică porozitate. Corpusculele calcaroase prezintă — îndeosebi la suprafață — numeroase excavații punctiforme.

Fig. 5

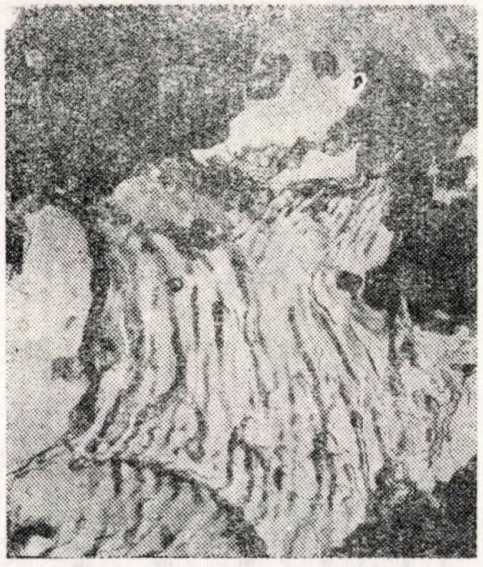


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 5—7. Aspect al calcarelor de Jaslo la microscopul electronic prin transmisie (mărire 10 000 x).

### Considerații genetice

Calcarele de Jaslo s-au depus într-un bazin unitar de tipul unui ocean îngust de circa 200 km care, cu trecerea de la eocen la oligocen, este caracterizat de trecerea de la faciesul oxidant al stratelor de Plopu, la faciesul reducător al disodilelor, întrerupt de scurte episoade oxidante în timpul depunerii intercalațiilor de gresii de Kliwa sau Fusaru. Faciesul anoxic al depozitelor disodiliforme este datorat existenței unor particularități în bazin, cum ar fi troguri sau depresiuni mici separate prin slabe riduri longitudinale sau prin conuri submarine rezultate din curenții de direcții diferite. Depozitele prezintă o stratificație ritmică de tip fliș, de factura unor turbidite sistale, chiar hemipelagite uneori, deci situate la distanță mare de țărm. Contextul climatic, dedus din persistența palinomorfelor de taxodiaceae și palmae, pe fondul unui progres al pinaceelor și spre finalul oligocenului, mai ales al angiospermelor foioase, era cald-subtropical, în curs de răcire, cu nuanțe aride în timpul depunerii gresiei de Kliwa și umed în timpul depunerii intercalațiilor disodiliforme. La diferite nivele, paroxisme vulcanice au determinat sedimentarea de piroclastite fine, cu rol în modificări de *pH*, sau în dezvoltarea unor populații de organisme silicioase.

Pe vastele arii de shelf și în zonele pelagice se dezvoltă un bogat material biologic, în care, pe lîngă macrofaună (cu clupeide predominante) era predominant microplanctonul calcaros.

Acesta era reprezentat prin globigerinide și alge, între care Haptophyceaele (Dinophyccae) producătoare de cocolite erau majoritare.

Fig. 8. Aspect al calcarelor de Jaslo la microscopul electronic prin transmisie (mărire 5 000 x).

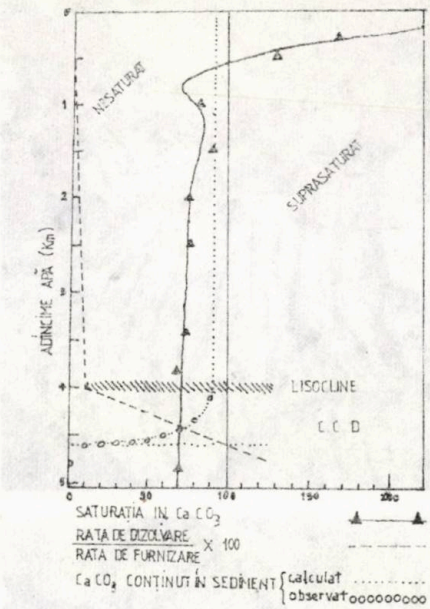



Fig. 9. Parametrii ce influenţează distribuţia $CaCO_3$ cu creşterea adîncimii apei.

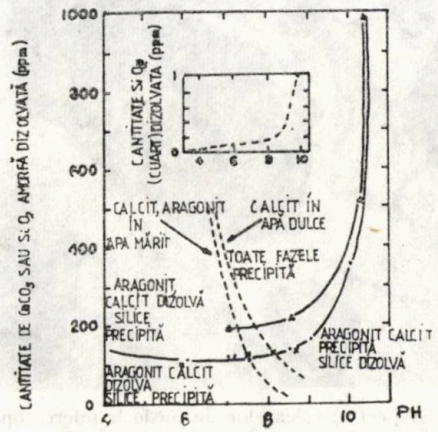



Fig. 10. Variaţia solubilităţii funcţie de *pH*.

Mediul anoxic de fund determină ca nivelul de compensare al carbonatului de calciu (C.C.D.) (adică nivelul de dizolvare al carbonaţilor, la care rata de dizolvare egalează rata de acumulare), prin conţinutul ridicat de $CO_2$ şi $H_2S$, să fie foarte sus (fig. 9). Deci sedimentele de fund aveau premisa de a fi lipsite de $CaCO_3$.

Totuşi, uşoare variaţii climatice influenţau productivitatea biologică, iar mişcări tectonice influenţau ritmul de alterare, ambele determinînd rata de acumulare a materialului carbonatic, care depăşea adesea rata de dizolvare, sau scăderea temporară a nivelului C.C.D., permiţînd astfel depunerea carbonaţilor sub formă de oaze şi mîluri algale. De asemenea, erupţiile vulcanice determinau scăderi de *pH* (fig. 10) care, pe seama cenuşii de silicaţi, permiteau creşterea mare a organismelor silicioase. Ulterior, după consumul materiei prime, *pH*-ul creşte, organismele silicioase sînt dizolvate şi eventual reprecipitate ca chert sau chaille, urmînd apoi precipitarea carbonatului de calciu.

Laminaţia rezultă din peliculele adezive succesive dezvoltate de mucilagiul algelor ce dezvoltă romboedri de $CaCO_3$ sau înglobează fragmente de particule fine de carbonat sub formă de ooide, palete, plăcuţe de cocolite cu dimensiuni de 1—20 mm.

Chiar cînd nivelul C.C.D. era ridicat, putea avea loc acumularea sedimentelor carbonatice dacă rata de acumulare era mare şi scufundarea rapidă (de ordinul 40 la 400 m/zi). Scufundarea rapidă se realiza şi prin căderea aglomeratelor de corpuscule fine care erau peletele fecale rezultate din excreţiile zooplanctonului în urma ingerării fitoplanctonului (a cocolitelor). O peletă conţine circa $10^5$ cocolite (care singure, la dimensiunile amintite, s-ar sedimenta într-un timp foarte lung, de ordinul $10^2$ ani) şi în plus este şi protejat de dizolvare de o membrană subţire de substanţă organică.

Conservarea depozitelor carbonice, chiar la nivel de C.C.D. ridicat, se poate datora şi acţiunii temporare a unor factori inhibitori ai dizolvării, ca: microorganisme, ioni de fosfat ce puteau modifica *pH*-ul, *Eh*-ul.

Rata medie de sedimentare a oozelor carbonatice era de circa 1—3 cm/1000 ani. Deci strate de calcar de Jaslo subdecimetrice şi decimetrice implică modificări de *pH*, temperatură, nivel C.C.D. pe durată aproximativă de la 1 000 la 4 000 ani.

De menţionat că sedimentarea carbonatului de calciu este adesea contaminată de cea a mineralelor argiloase, cu rezultatul formării frecvente a marnelor care, în orizonturile stratelor de Podul Morii sau a celor de Izvoarele, sînt dominante.

Calcarele de Jaslo sînt martori ai sedimentării pelagice legate de variaţii temporare într-un mediu dominant euxinic.

Aspectul cu totul particular datorat laminației și culorii deschise, ca și consecvența distribuției stratigrafice la anumite nivele din orizonturile disodilelor inferioare, Pucioasa-Fusaru sau Podu Morii permit statuarea lor ca repere de prim rang.

**Bibliografie**


[1] Alexandrescu, Gr., Brustur, T. *Les calcaires de Jaslo des parties centrale et nord des Carpathes Orientales et leur valeur stratigraphique.* D.S. Inst. Geol. Geof., vol. LXIX, București, 1985.

[2] Anastasiu, N., Jipa, D. *Texturi și structuri sedimentare.* Ed. Tehnică, București, 1983.

[3] Anastasiu, N. *Petrologie sedimentară.* Ed. Tehnică, București, 1989.

[4] Beales, F. W. *Diagenesis in pelletted limestones Dolomitization and limestone diagenesis.* A Symposium Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication, nr. 13, Tulsa, 1985.

[5] Bolli, H. M., Saunders, J. B., Perch-Nielsen, K. *Plankton stratigraphy.* Cambridge University Press Cambridge, London, New-York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, 1985.

[6] Dragastin, O. *Alge calcaroase din Mezozoicul și Terțiarul României.* Ed. Academiei, București, 1980.

[7] Fairbridge, Rh. W., Bourgeois, J. *The encyclopedia of sedimentology.* Dowden, Nutchinson Ross, Inc., Stroudsbourg, Pennsylvania, 1978.

[8] Folk, R. L. *Petrology of sedimentary rocks.* Hemphills, Austin Texas, 1968.

[9] Folk, R. L. *Evidence for Peritidal Deposition of Devonian Caballos.* Vol. 57/4, 1973.

[10] Friedman, G. M. et al. *Generation of Carbonate Particles and Laminites in Algal Mats — Example from Sea — Marginal Hypersaline Pool.* Gulf of Aqaba, Res Sea. A.A.P.G. Bulletin, vol. 57/3, 1973.

[11] Friedman, G. M., Sanders, J. E. *Principles of Sedimentology.* John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 1978.

[12] Guillevin, Y. *Elements de petrographie des evaporites oligocenes des bassins de la Bresse et de Valence* Dépots évaporitiques, Ed. Technip, Paris, 1979.

[13] Grasu, C., Catană, G., Grinea, D. *Flișul carpatic.* Petrotrafie și considerații economice. Ed. Tehnică, București 1988.

[14] Kenneth, J. *Marine geology.* Prentice-Hall, London, Sydney, Toronto, New Delhi, Tokyo, Singapore, Wellington, 1982.

[15] Lombard, A. *Géologie sédimentaire.* Les séries marines. Mason et Companie, Paris, 1956.

[16] Olaru, L. *Cercetări asupra distribuției stratigrafice a microflorei în flișul paleogen dintre văile Bistrița și Trotuș.* Memoriile I.G.G., vol. XXVII, București, 1978.

[17] Osmond, J. C. *Dolomites in Silurian and Devonian of east-central Nevada.* A.A.P.G. Bulletin, vol. 38/9, 1954.

[18]Ană, I. *Geologie marină.* Universitatea București, 1987.

[19] Papiu, C. V. *Petrografia rocilor sedimentare.* Ed. Științifică, București, 1960.

[20] Pătruț, I. *Géologie et tectonique de la region Vâlenii de Munte — Cosminele — Bușteanr.* An. Com. Géol., XXVI—XXVIII, București, 1960.

[21] Pârvu, G. ș.a. *Petrologia aplicată a rocilor carbonatice sedimentare.* Ed. Academiei, București, 1979.

[22] Reuben, J. R. Jr., Jaanusson, V., Friedman, I. *Lithology and Origin of Middle Ordovician Calcareous Mudmound at Meiklejon Peak Southern Nevada.* Geological Survey Profesional Paper 871, Washington, 1975.

[23] Rupke, N. A., Stanley, D. J. *Distinctive Properties of Turbiditic and Hemipelagic Mud Layses in the Algéro-Balearic Basin.* Western Mediteranean Sea, Smithsonian Institution Press, Washington, 1974.

[24] Selley, R. C. *Ancient sedimentary environments.* Chapman and Hall, London, 1978.

[25] Simionescu, G., Rusan, V., Popa, V. *Chimia algelor marine.* Ed. Academiei, București, 1974.

[26] Sittler, C. *Le Paleogen des fessés Rhènan et Rhodanien.* Etudes sedimentologiques et paleoclimatiques. Thèses, Strasbourg, 1965.

[27] Smoldirev, A. E. *Metodica și tehnica lucrărilor de cercetare geologică marină.* Ed. Tehnică, București, 1982.

[28] Seclăman, M., Anastasiu, N. *Petrografie.* Universitatea București, 1983.

[29] Walls, R. A., Harris, W. B., Nunan, W. E. *Calcareous crust (coliche) profiles and early subaeral expesure of Carboniferous carbonates northeastern Kentucky.* Sedimentology, vol. 22, nr. 3, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne, 1975.

# Proiectarea şi executarea operaţiilor de stimulare cu grad sporit de dificultate

M. Cristian, Alexandra Ioniţă, V. Rusu

I.C.P.P.G. Cîmpina

## I. Introducere

Situată în categoria ţărilor cu industrie de petrol dezvoltată şi dispunînd de o industrie constructoare de utilaj petrolier foarte bine cotat pe plan mondial, România a fost printre primele ţări din lume care au iniţiat lucrări de foraj la mare adîncime şi ulterior şi pe mare.

La terminarea forajelor de mare adîncime şi marine, a apărut necesitatea stimulării intervalelor probate fie pentru îndepărtarea blocajelor formate în fazele de foraj şi cimentare, fie pentru mărirea productivităţii colectoarelor cu porozităţi şi permeabilităţi scăzute.

Pe baza cercetărilor efectuate în cadrul Institutului de Cercetări şi Proiectări pentru Petrol şi Gaze au fost elaboraţi produşi pentru stimularea sondelor, eficienţi la temperaturi ridicate (întîrzietori de reacţie, inhibitori de coroziune, emulgatori, dezemulsionanţi, agenţi de spumare şi dispersare, agenţi de gelificare pentru soluţii acide şi neutre, schimbători de umectabilitate etc.), fabricaţi industrial de către Ministerul Industriei Chimice şi Petrochimice şi Ministerul Petrolului.

Pentru rezolvarea problemelor stimulării sondelor a fost constituit un colectiv specializat care a beneficiat de continuitate în activitate şi de sprijin din partea Ministerului Petrolului şi a unităţilor operative.

## II. Proiectarea operaţiilor de stimulare

Gradul de dificultate al operaţiilor de stimulare rezultă atît din caracteristicile geologofizice ale colectoarelor stimulate (adîncimi, temperaturi, presiuni de zăcămînt, constituţie litologică, porozitate, permeabilitate etc.), cît şi din parametrii tehnologici la care se operează (diametre şi calităţi ale materialului tubular şi ale echipamentului de fund şi de suprafaţă, debite şi presiuni de pompare, corosivitatea şi abrazivitatea fluidelor pompate, durata operaţiei, fiabilitatea echipamentelor de stimulare etc.).

La proiectarea operaţiilor de acidizare, cel mai important parametru care este luat în considerare îl reprezintă temperatura.

Pe baza variaţiilor temperaturii şi presiunii se calculează scurtarea şi alungirea ţevilor de extracţie şi eforturile suplimentare ce apar în echipamentul de fund şi de suprafaţă, în special în cazul sondelor de mare adîncime.

Pe baza datelor de temperatură şi a vitezelor de reacţie a soluţiilor acide cu roca şi materialul tubular (determinate prin cercetări de laborator), se calculează, în funcţie de debitul de injecţie, raza pe care va pătrunde soluţia acidă înainte de consumare. Pentru modelarea variaţiei temperaturii şi a vitezei de reacţie a soluţiei acide cu roca, în timpul operaţiei, se folosesc programe de calculator.

În funcţie de raza de pătrundere, porozitatea formaţiei şi gradul de protecţie anticorosivă asigurat de inhibitorii utilizaţi, se alege volumul de soluţie acidă ce va fi utilizat la operaţie.

Avînd în vedere că se lucrează cu soluţii corosive sau inflamabile pompate la presiuni ridicate, se iau măsuri speciale de protecţia muncii şi PSI.

În continuare se vor prezenta operaţii de stimulare care se încadrează prin parametrii realizaţi în categoria operaţiilor cu grad sporit de dificultate.

## III. Stimularea sondelor de mare adîncime din Avanfosa Carpatică Internă

În această zonă s-au executat operaţii experimentale la sondele 101 şi 102.

1. *Sonda 101*

La această sondă săpată pînă la adîncimea de 5 000 m, s-a deschis, prin perforare, un interval de 4 m (4 868—4 872).

Roca rezervor constituită din dolomite de vîrstă paleozoică avea sistemul natural de microfisuri colmatat sau cimentat, sonda producînd cu debit în pronunţată scădere, cu presiuni mici la tubing şi avînd tendinţa de a se opri din erupţie. Ultimul debit înainte de operaţie: 4,8 t/zi, erupţie intermitentă. La proba de receptivitate sonda nu a primit la 630 at. Avînd în vedere lipsa de receptivitate, temperatura ridicată de zăcămînt şi deschiderea mică a intervalului perforat, s-a decis ca sonda să fie acidizată cu 10 $m^3$ soluţie acidă complexă, inhibată anticorosiv conform brevetului I.C.P.P.G. 58 050. Stimularea s-a efectuat la presiune iniţială de 760 at şi finală de 550 at.

Sonda a fost pusă în producţie fără pauză de reacţie, producînd pe duză de 6,4 mm 67 t/zi ţiţei şi 40 000 $Nm^3$ gaze; $PT = 146$ at. Sonda a produs după acidizare, cumulativ, 60 205 t ţiţei şi 33 362 $\times 10^3$ $Nm^3$ gaze.

2. *Sonda 102*

Sonda a deschis același colector de vîrstă paleozoică descris la sonda 101, dar a fost perforaturi pe un interval mult mai mare. (Perforaturi 4 849—4 670 = 179 m).

Sonda a pornit cu un debit inițial de 48 t/zi care a scăzut în 13 luni la 33 t/zi.

Ținînd seama de observațiile făcute la acidizarea sondei 101, s-a proiectat o operație de acidizare cu volum mare de soluții de stimulare (140 $m^3$), cu compoziție și destinație diferită, pompat în cinci etape fără pauză între ele. Succesiunea de pompare a fost următoarea.

- Etapa I: 50 $m^3$ soluție tensioactivă cu rol de răcire a zonei și de reducere a tensiunilor interfaciale.
- Etapa a II-a: 25 $m^3$ soluție de HCl concentrație 10% cu rol de îmbunătățire a receptivității prin deschiderea microfisurilor cimentate cu calcit și ankerit.
- Etapa a III-a: 25 $m^3$ soluție de HCl 10% + HF 2%, cu rol de curățare a microfisurilor blocate cu fluid de foraj.
- Etapa a IV-a: 25 $m^3$ soluție de HCl concentrație 10%, cu rol de extindere și lărgire a microfisurilor eliberate prin acțiunea soluțiilor anterioare.
- Etapa a V-a: 15 $m^3$ țiței aditivat cu ACOR 22, cu rol de schimbare a umectabilității și de protecție anticorosivă a materialului tubular la repunerea sondei în producție.

Sonda a reintrat imediat în producție pe duză de 5 mm cu un debit de 65 t/zi țiței și 14 000 $Nm^3$ gaze. La intervale de 36—40 luni, sonda a mai fost stimulată cu cantități crescute progresiv de soluție acidă complexă, realizînd o producție cumulativă (ca efect al operațiilor de stimulare) de 254 764 t țiței și 117 957 × $10^3$ $Nm^3$ gaze.

## IV. Stimularea sondelor de mare adîncime din Avanfosa Carpatică Externă

Un exemplu sugestiv privind importanța executării unor operații de stimulare la sondele de mare adîncime îl reprezenta sonda 400.

La această sondă formațiunea productivă de vîrstă jurasică (Dogger), reprezentată de gresii silicioase bine consolidate, cu intercalații subțiri de argile, se caracteriza prin valori reduse de porozitate și permeabilitate ($m = 9\%$; $k = 0{,}1$—1 mD).

Coloana telescopică (5 in × 4 $^1/_2$ in) a fost perforată pe intervalele 3 986—3 980 = 6 m și 3 970—3 960 = 10 m.

Sonda a pornit eruptiv după o probă de receptivitate efectuată cu apă sărată la 480 at, dar cu debit foarte mic (1,5 $m^3$ condens/zi, $PT = 60$ at, duza Ø 9 mm). Pentru mărirea productivității s-au efectuat două tratamente cu condens și metanol (12 $m^3$), injectate la presiuni de 480—380 at. Ca efect al acestor tratamente debitul a crescut în următoarele trei luni la 15 t/zi condens și 1 100 $Nm^3$ gaze. Presiunea diferențială mare constatată la cercetarea sondei (325,5 at) a condus la proiectarea unei operații de acidizare. Operația de acidizare s-a executat cu 40 $m^3$ soluție acidă complexă pompată la presiunea de 440—380 at.

După operație sonda a pornit imediat eruptiv, producînd pe duză de 10 mm 63 t condens și 120 000 $Nm^3$ gaze ($PT = 190$ at). Creșterea de circa 4,2 ori a indicelui de productivitate sugerează de fapt deblocarea unui sistem natural de fisuri și nu efectul unei acidizări de matrice. Sonda a produs cumulativ 136 718 tone țiței și 257 183 × $10^3$ $Nm^3$ gaze.

Rezultatul favorabil obținut la această operație a făcut ca pe această structură operațiile de stimulare să intre în practica curentă, fiind optimizate pe parcurs prin utilizarea instalației cu azot atît pentru accelerarea punerii în producție a sondelor stimulate, cît și pentru realizarea unor tratamente cu spume acide.

Ca o dovadă se mai menționează faptul că în cadrul aceleiași unități geologice s-a pus în producție la debit industrial, de la adîncimea de 5 350 m, prin două acidizări succesive, o sondă care a devenit cea mai adîncă sondă productivă de la noi din țară.

## V. Stimularea sondei 700

Stimularea celei mai adînci sonde săpate la noi în țară (7 025 m) a pus probleme deosebit de dificile, în special din cauza parametrilor fizici defavorabili ai rocii rezervor.

Gresia silicioasă dură de vîrstă oligocenă, cu rare intercalații și filme de marne argiloase se caracteriza prin următorii parametri medii:

- porozitatea, 12,4% (7,5 în condiții de zăcămînt);
- permeabilitatea 0,72 mD (0,43 mD în condiții de zăcămînt);
- conținut de carbonați, 2,65%;
- temperatură de zăcămînt, 160°C la 6 250m;
- gradient de fisurare, 0,22 at/m (estimat din diagrafii electrice).

*Date tehnice*

- coloană de 7 in — oțel V 150 — fixată la 6 250 m;
- perforaturi: 6 191—6 184 = 7 m;
  6 175—6 155 = 20 m;
  6 150—6 142 = 8 m;
- packer permanent fixat la 6 122 m;
- țevi de extracție: 550 m 3 $^1/_2$ in × 9,52 mm oțel C 75;
  5 672 m 2 $^7/_8$ in × 7,52 mm oțel C 75 și C 95;
- țevile de extracție 2 $^7/_8$ in, au fost echipate cu valvă laterală fixată la 6 107 m;
- în spațiul inelar s-a introdus fluid de paker tip emulsie inversă cu $\gamma = 1{,}65$ kgf/$dm^3$.

— sonda a fost perforată avînd în ea noroi cu $\gamma = 2{,}06$ kgf/dm$^3$.

*Proiectarea operației*

Pentru stimularea intervalului 6 150—6 142 = = 8 m, s-a optat pentru un volum redus de soluție acidă complexă. Compoziția soluției acide s-a stabilit prin teste efectuate la temperatură de 150°C. S-a urmărit ca soluția acidă să prezinte un grad ridicat de protecție anticorosivă (sub 250 g/m$^2$ operație), o bună capacitate de distrugere a turtei de noroi, de spargere a emulsiilor și prevenire a formării emulsiilor în prezența produșilor din fluidul de foraj, precum și tensiuni superficiale cît mai mici pentru reducerea presiunilor de pompare.

Prin calcule, în care s-a luat în considerare gradientul presiunii din pori (0,194 at/m), s-a estimat o presiune de injecție la suprafață de circa 800 at.

S-a ținut seamă ca presiunile de pompare să nu depășească presiunea de 820 at, avînd în vedere faptul că tubingul permitea presiuni maxime de circa 900 at. La presiunea de 800 at, la suprafață, existența în spațiul inelar a fluidului de packer cu $d = 1{,}65$ menținea o presiune diferențială pe packer de circa 500 at.

Presiunea inițială de injecție a fost de 815 at, scăzînd rapid la 746 at și apoi treptat, pe măsură ce soluția acidă era împinsă în formație cu fluid de foraj pînă la 450 at, în finalul operației.

Între fluidul de foraj ($d = 2{,}05$) și soluția acidă s-au intercalat două pachete de fluid de packer ($d = 1{,}65$) și de soluție de $CaCl_2$ ($d = 1{,}25$). Cînd soluția acidă a ajuns în formațiune, presiunea hidrostatică a avut valoarea de 890 at (540 at de la coloana de fluid de foraj și 350 at de la coloana de soluție acidă). În această etapă presiunea de injecție la suprafață avea valoarea de 550 at (presiunea de formațiune 1 440 at).

La pătrunderea soluției acide în strat presiunea de injecție la suprafață a scăzut la 450 at. Presiunea diferențială maximă exercitată pe packer nu a depășit 400 at. După înlocuirea noroiului cu fluid de packer, apoi cu apă cu $CaCl_2$ și apă sărată, sonda a început să debiteze apă sărată cu urme de țiței (2%) și gaze, cu alură de 8,4 m$^3$/zi.

Debitele obținute neavînd valori industriale, s-a examinat posibilitatea îmbunătățirii indicelui de productivitate printr-o operație de fisurare hidraulică.

Calculele au arătat că, la un debit de injecție de 1 500 l/min, presiunea la suprafață va atinge aproximativ 1 220 at.

Avînd în vedere că în curînd va începe forajul unor sonde cu adîncimi de 8 500—10 000 m și că vor apărea probleme asemănătoare legate de necesitatea executării unor operații de stimulare, sînt în curs de proiectare și construcție utilaje și dispozitive capabile să lucreze în condiții de securitate la presiuni de 1 400 at.

## VI. Stimularea sondelor geotermale

Se consideră că este interesant de prezentat rezultatul obținut prin stimularea cu 1 000 m$^3$ soluție acidă de concentrație scăzută a unei sonde din Depresiunea panonică.

În această sondă a fost deschis pe o grosime de 1 000 m triasicul, constituit dintr-o alternanță de calcare, marno-calcaroase, dolomite și argilite. Intervalul a fost tubat cu un liner 5 $^1/_2$ în șliț pe intervalul 1 991—2 991 m.

La punerea în producție sonda a produs apă geotermală la debit și temperatură nesatisfăcătoare (90 l/min și 58°C). O operație de stimulare cu 100 m$^3$ soluție acidă concentrație 20% a avut ca rezultat o creștere modestă a debitului și temperaturii apei, foarte depărtate de parametrii necesari pentru funcționarea obiectivelor economice cu energie geotermică. În această situație, avînd în vedere grosimea formațiunii deschise, s-a programat o operație experimentală cu 1 000 m$^3$ soluție acidă de concentrație scăzută (2%). Soluția acidă s-a preparat și pompat în flux continuu timp de 19 ore.

Operația a urmărit punerea în comunicație a sistemului de fisuri cimentate cu calcit (vizibile în carote), cu sistemul natural de fisuri din zăcămînt prin care circulau apele geotermale. Inițial, presiunea de injecție la un debit de 360 l/min a fost de 80 at.

Pe măsură ce soluția acidă pătrundea în formație, presiunea de injecție a scăzut (60 at la 560 l/min după 500 m$^3$). După pomparea a 850 m$^3$ soluție acidă, presiunea de injecție a scăzut brusc de la 60 at la 48 at, debitul de injecție crescînd la 750—850 l/min, menținîndu-se la această valoare pînă la sfîrșitul operației. Ca rezultat al operației debitul de apă geotermală a crescut de la 90 l/min la 2 200 l/min, iar temperatura apei a atins 90°C. Folosind aceeași tehnologie cu numai 850 m$^3$ soluție acidă, au fost stimulate cu rezultate similare alte sonde din Depresiunea panonică, ca și sonde de apă geotermală din Platforma moesică.

## VII. Stimularea unor sonde din zona flișului paleogen

Valorile reduse de porozitate și permeabilitate ($m = 7\%$; $k = 0{,}17$ mD) ale gresiei de Kliwa de pe această structură, ca și încercările nereușite de fisurare hidraulică executate la presiuni de 450—500 at au inclus structura pe lista zonelor cu grad sporit de dificultate la executarea operațiilor de stimulare.

În această zonă parametrii fizici defavorabili şi lipsa unui sistem natural de fisuri intercomunicant au condus la declinuri pronunţate de producţie, de pînă la 15%. În consecinţă s-a decis să se execute experimental operaţii de fisurare hidraulică la mare presiune.

Datele de bază ale acestor operaţii sînt prezentate în tabelele 1; 2; 3.

În tabelul 1 sînt prezentate date caracteristice tehnice şi fizico-productive.

În tabelul 2 sînt prezentate caracteristicile mecanice determinate pe trei carote din intervalul productiv al sondei 105. Ele explică în parte comportarea diferită la fisurarea gresiei de Kliwa din zona Moineşti faţă de cea din această zonă. Aceasta are rezistenţă la tracţiune şi compresiune de aproape două ori mai mare decît cea din zona Moineşti, datorită diagenizării.

În tabelul 3 sînt prezentaţi parametrii realizaţi la operaţiile experimentale şi rezultatele obţinute.

Atrag atenţia presiunile de fisurare extrem de ridicate pentru aceste adîncimi, precum şi faptul că efectul operaţiilor s-a menţinut în timp. În două cazuri din trei, indicii de productivitate realizaţi sînt inferiori celor estimaţi. Acest lucru se explică prin faptul că s-a folosit o putere hidraulică mai mică decît cea proiectată (2 000 CPH faţă de 3 000 CPH), fluide de fisurare cu caracteristici mai slabe, cantităţi mult mai mici de agent de susţinere (1,5 t faţă de 15 t), debite de pompare mai mici (1 400 l/min faţă de 2 400 l/min).

## VIII. Stimularea sondelor marine

Necesitatea stimulării sondelor marine a fost evidenţiată pregnant după perforarea unui interval la care s-a înregistrat lipsă aflux, deşi în timpul forajului, la proba cu testerul se obţinuse aflux de ţiţei şi gaze. S-a pus în evidenţă faptul că gradul de blocare indus în timpul forajului şi cimentării sondelor poate compromite punerea în evidenţă a unor acumulări industriale de hidrocarburi sau reduce debitele de producţie la valori neeconomice în condiţiile zăcămintelor marine.

La organizarea lucrărilor de stimulare pe mare s-a utilizat experienţa dobîndită prin efectuarea unui număr mare de operaţii de stimulare pe uscat. Pe baza acestei experienţe

*Tabelul 1*

**Date cu caracter general**

| Sondă nr. | Adîncimea medie a perforării, m | Grosimea intervalului perforat, m | Parametri fizici medii | | Debit mediu, t/zi | Presiunea actuală de zăcămînt, at | Operaţii de stimulare anterioare |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $m$, % | $k$, mD | | | |
| 105 | 2 400 | 38 | 7 | 0,1 | 3 | 170 | Baie acidă |
| 106 | 2 500 | 68 | 7 | 0,1 | 1,8 | 170 | Acidizare |
| 107 | 2 200 | 40 | 8 | 0,2 | 8 | 130 | TS |

*Tabelul 2*

**Date de mecanică a rocilor**

| Rezistenţă la compresiune, kgf/cm² | Rezistenţă la tracţiune, kgf/cm² | Coeficientul Poisson | Modulul Young at $\times 10^5$ | Unghi de frecare internă | Coeziune internă, kgf/cm² | Deformaţie triaxială, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 215 | 152 | 0,45 | 2,62 | 44° | 355 | 0,49 |

*Tabelul 3*

**Rezultatele operaţiilor de stimulare**

| Sonda nr. | Intervalul perforat, m | Volum fluid fisurare, m³ | $P_{max,inj}$, at | $Q_{max,inj}$, l/min | Debit mediu, t/zi | | | Indici de producţie | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | înainte de operaţie | după operaţie | | estimaţi | realizaţi |
| | | | | | | la 3 luni | la 6 luni | | |
| 105 | 38 | 120 | 675 | 1 500 | 3 | 9 | 6 | 6 | 3 |
| 106 | 68 | 110 | 740 | 1 200 | 1,8 | 12 | 4 | 5,7 | 6,7 |
| 107 | 40 | 130 | 810 | 1 200 | 8 | 19 | 18 | 5,6 | 2,4 |

s-a organizat într-o perioadă scurtă o bază de depozitat chimicale și de preparat soluții acide pe țărm și s-a echipat un vapor pentru transportul și pomparea pe platformă a fluidelor de stimulare.

Amenajări deosebite s-au executat pe platforma Gloria constînd din montarea unor capacități de depozitare pentru volume mari de soluție de stimulare.

Folosind ca bază ajutătoare vaporul de stimulare și capacități suplimentare existente pe platformă, s-au putut efectua operații de stimulare cu volume totale care au depășit cantitățile utilizate în mod curent pe uscat.

Prin deplasarea unui număr sporit de agregate de pompare montate pe sanie, puterea hidraulică disponibilă pentru operație s-a dublat, permițînd pomparea fluidelor de fisurare la debite și presiuni superioare celor realizate în operații similare executate pe uscat.

Folosind colectoare de alimentare de mare diametru, supraalimentarea cu pompe centrifuge și colectoare de împingere de 3 $^1/_2$ in × 700 at, s-au putut realiza presiuni și debite de pompare apropiate de cele raportate la operații similare executate în Marea Nordului.

Prin operațiile de stimulare executate pe mare s-au realizat, de asemenea, importante economii valutare.

Exemplele prezentate subliniază necesitatea dezvoltării activității de stimulare a sondei, începînd cu cercetarea noilor tehnologii și aplicarea la scară industrială, în special în cazul operațiilor de stimulare cu grad sporit de dificultate.

# Calculul dimensiunilor optim economice ale aparatelor de înaltă presiune cu mantaua realizată din structuri multiple

Șef. lucr. dr. ing. V. Nicolae

Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

## I. Generalități

Determinarea dimensiunilor optime constituie una dintre cele mai importante probleme în proiectarea aparatelor de înaltă presiune.

În literatură este cunoscută metoda de optimizare [6] a aparatelor de înaltă presiune cu mantaua realizată din straturi multiple bazată pe criterii tehnico-economice. Metoda [6], datorită ipotezelor pe care se bazează, are un domeniu de aplicare limitat,presupunînd cunoscută raza interioară a aparatului.

Metoda ce se propune stabilește dimensiunile optim-economice ale aparatelor de înaltă presiune (raza interioară optimă), bazîndu-se pe următoarele ipoteze :

— se aplică recipientelor de înaltă presiune cu închizătoare și bosaje de tipul celor din figura 1 ;

— se consideră drept critică solicitarea mantalei suport numai sub acțiunea presiunilor de fretare rezultate din contracția sudurilor longitudinale, fără ca presiunea interioară $p_i$ să acționeze ;

— pentru stabilirea efortului unitar inelar de fretare indus în mantaua suport, de fretarea a $n$ straturi, prin contracția sudurii, se vor utiliza relațiile stabilite de Ettinger-Sparangen [1].

## II. Baza teoretică de calcul pentru raza interioară optimă a recipientului

Conform [1], efortul unitar de fretare pe suprafața de rază $R_i$ se determină cu relația :

$$(\sigma_{\varphi_{R_i}})_n = (\sigma_{\varphi_s})_n \cdot C_{pg}, \tag{1}$$

unde :

$(\sigma_{\varphi_s})_n$ este efortul unitar inelar din fretare indus în mantaua suport, dat în [1].

$$(\sigma_{\varphi_s})_n = -\frac{54\,390}{\sqrt{b^2 - 4ac}} \ln \frac{2n + b - \sqrt{b^2 - 4c}}{2n + b + \sqrt{b^2 - 4c}}; \tag{2}$$

$$b = \frac{D_i + 3}{1{,}2};$$

$$c = \frac{D_i + 1{,}8}{1{,}2}; \tag{3}$$

$C_{pg}$ — coeficientul de proporționalitate între eforturile inelare de fretare stabilit pentru mantalele groase și subțiri.

Conform [1], acest coeficient este dat de relația :

$$C_{pg} = \frac{D_i + 2s_s + 2n \cdot s}{D_i + s_s + n \cdot s}. \tag{4}$$

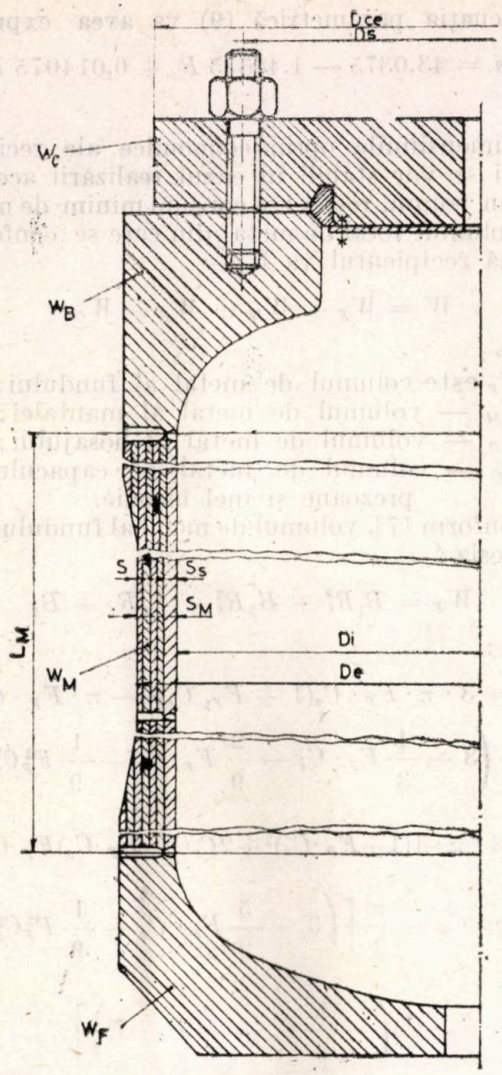



Fig. 1

Punînd condiţia ca :

$$(\sigma_{\varphi_s})_n \cdot C_{pg} = \sigma_a^t, \tag{5}$$

se obţine :

$$-\frac{54\,390}{\sqrt{b^2-4ac}}\left(\ln\frac{2n+b}{2n+b}\frac{-\sqrt{b^2-4c}}{+\sqrt{b^2-4c)}}\right)\cdot$$

$$\cdot\frac{D_i+2s_s+2ns}{D_i+s_s+ns}\,\sigma_a^t. \tag{6}$$

Pentru cazul cînd :

$$s_s = 1{,}2 \text{ cm};$$

$$s = 0{,}6 \text{ cm}$$

şi adoptînd notaţiile :

$$A(R_i,\ n) = -\ln\frac{2n+b-\sqrt{b^2-4c}}{2n+b+\sqrt{b^2-4c}}; \tag{7}$$

$$B(R_i,\ n) = -\frac{\sigma_a^t}{\dfrac{54\,390}{\sqrt{b^2-4c}}\dfrac{D_i+1{,}2n+2{,}4}{D_i+0{,}6n+1{,}2}}$$

ecuaţia (6) devine :

$$A(n,\ R_i) = -\ B(R_i,\ n) \tag{8}$$

care este o ecuaţie transcendentă, avînd ca variabile atît raza interioară $R_i$, cît şi numărul de straturi $n$.

Pentru a rezolva ecuaţia (8) se va reprezenta grafic $A = f(n)$ şi $B = f(n)$ pentru diverse valori date lui $R_i (R_i = 20 \div 90$ cm) şi $n = 4$; 6; 8; . . . ;20, rezultînd familia de curbe din figura 2.

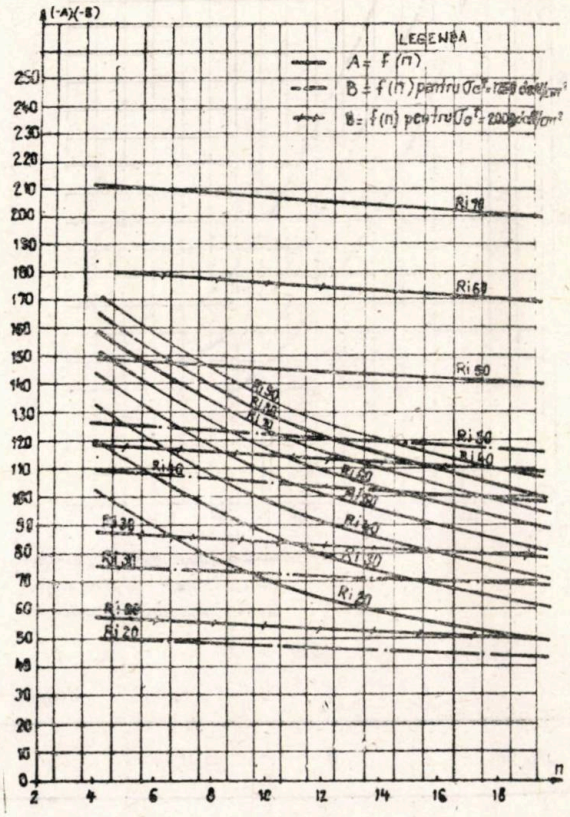



Fig. 2

Reprezentînd grafic $n = f(R_i)$, se obţine graficul din figura 3.

Pentru obţinerea unei ecuaţii analitice a lui $n = f(R_i)$ aproximăm curba din figura 3 printr-un polinom de gradul II (cu ajutorul datelor din tabelul 1), de forma :

$$n = a_0 + a_1 R_i + a_2 R_i^2. \tag{9}$$

Pentru determinarea coeficienţilor $a_0$, $a_1$, $a_2$ se aplică metoda celor mai mici pătrate :

$$\begin{cases} ma_0 + (\Sigma x_i)a_1 + (\Sigma x_i^2)a_2 = \Sigma y_i \\ (\Sigma x_i)a_0 + (\Sigma x_i^2)a_1 + (\Sigma x_i^3)a_2 = \Sigma x_i y_i \\ (\Sigma x_i^2)a_0 + (\Sigma x_i^3)a_1 + (\Sigma x_i^4)a_2 = \Sigma y_i x_i^2 \end{cases} \tag{10}$$

unde: $\Sigma y_i = 40$; $\Sigma x_i y_i = 1\,148$; $\Sigma x_i y_i^2 = 36\,920$; $\Sigma x_i = 140$; $\Sigma x_i^2 = 5\,400$; $\Sigma x_i^3 = 224\,000$; $\Sigma x_i^4 = 9\,780\,000$; $m = 4$.

Sistemul (10) devine:

$$\begin{cases} 4a_0 + 140a_1 + 5\,400\,a_2 = 40 \\ 140a_0 + 5\,400a_1 + 224\,000a_2 = 1\,148 \\ 5\,400a_0 = 224\,000a_1 = 9\,780\,000a_2 = 36\,920. \end{cases} \quad (11)$$

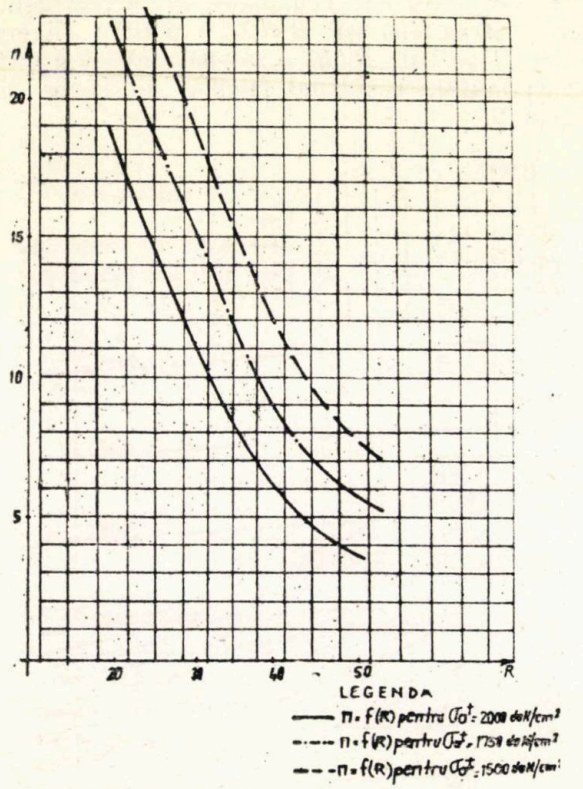



Fig. 3

*Tabelul 1*

| $R_i$, cm | $n$ | $\Delta_1 n$ | $\Delta_2 n$ |
|---|---|---|---|
| 20,0 | 19,0 | — | — |
| 23,3 | 15,8 | −3,2 | — |
| 26,6 | 13,2 | −2,6 | 4,2 |
| 30,0 | 11,0 | −2,2 | 0,4 |
| 33,3 | 9,1 | −1,9 | 0,3 |
| 36,6 | 7,5 | −1,6 | 0,3 |
| 40,0 | 6,2 | −1,3 | 0,3 |
| 43,3 | 5,1 | −1,1 | 0,2 |
| 46,6 | 4,3 | −0,8 | 0,3 |
| 50,0 | 3,8 | −0,5 | 0,3 |

Aplicînd pentru rezolvare metoda determinanţilor, rezultă:

$$\begin{cases} a_0 = 43{,}0375; \\ a_1 = 1{,}48375; \\ a_2 = 0{,}014075. \end{cases} \quad (12)$$

Ecuaţia parametrică (9) va avea expresia:

$$n = 43{,}0375 - 1{,}48375\,R_i + 0{,}014075\,R_i^2. \quad (13)$$

Dimensiunile optim-economice ale recipientului se vor stabili în cazul realizării acestuia cu un volum, respectiv consum minim de metal.

Volumul total de metal din care se confecţionează recipientul va fi:

$$W = W_F + W_M + W_B + W_C, \quad (14)$$

unde:

$W_F$ este volumul de metal al fundului;
$W_M$ — volumul de metal al mantalei;
$W_B$ — volumul de metal al bosajului;
$W_C$ — volumul de metal al capacului cu prezoane şi inel biconic.

Conform [7], volumul de metal al fundului are expresia:

$$W_F = B_1 R_i^3 + B_2 R_i^2 + B_3 R_i + B_4 \quad (15)$$

unde:

$$B_1 = 3 \cdot \pi \cdot F_F \cdot C_e(1 + F_F, C_e)^2 - \pi \cdot F_F \cdot C_e - \frac{\pi}{3}\left(3 - \frac{1}{3}F_F \cdot C_e - \frac{2}{9}F_F \cdot C_e + \frac{1}{9}F_F^2 C_e^2\right);$$

$$B_2 = 3 \cdot \pi \cdot [(1 + F_F \cdot C_e)^2 + 2C_e(1 + F_F \cdot C_e)F_F \cdot C_e] - \pi \cdot C_e - \frac{\pi}{3}\left[\left(3 - \frac{5}{9}F_F \cdot C_e + \frac{1}{9}F_F^2 C_e^2\right) \cdot C_e + F_F \cdot C_e\left(-\frac{5}{9}C_e + \frac{2}{9}F_F \cdot C_e^2\right)\right]; \quad (16)$$

$$B_3 = 3\pi[2C_e^2(1 + F_F C_e) + F_F C_e^2] - \left(-\frac{5}{9}C_e + \frac{2}{9}F_F \cdot C_e^2\right)C_e;$$

$$B_4 = 3\pi \cdot C_e^3 - \frac{\pi}{3} \cdot \frac{1}{9}C_e^3 = \frac{80\pi}{27}C_e^3;$$

$$F_F = \frac{0{,}9}{C_e}\sqrt{\frac{p}{\sigma_a^t}}.$$

Conform [7], volumul de metal al mantalei are expresia:

$$W_M = \frac{2 \cdot \pi(R_i + 2s + 43{,}0375 \cdot s - 1{,}48375\,s \cdot R_i + 0{,}014075\,R_i^2)}{\pi \cdot R_i^2} \cdot \left\{V - \pi\left[(R_i^3 J + R_i^2 H + R_i M + Q) + \frac{1}{2}R_i^3\right]\right\} \quad (17)$$

unde :

$$J = F_F \cdot C_c \left(2 - \frac{1}{3} F_F^2 \cdot C_c^2 + F_F^2 C_c^2\right);$$

$$H = C_c \left(2 - \frac{1}{3} F_F \cdot C_c + F_F \cdot C_c^2\right) +$$

$$+ F_F \cdot C_c \left(-\frac{1}{3} C_c + 2F_F \cdot C_c^2\right); \quad (18)$$

$$M = C_c^3 \cdot F_F + C_c \left(-\frac{1}{3} C_c + 2F_F \cdot C_c^2\right);$$

$$Q = C_c^3.$$

Conform [7], volumul de metal al bosajului şi capacului sînt :

$$W_B = \frac{\pi \cdot R_i^2}{2} \quad (19)$$

$$W_C = K_{12} \cdot R_i^3 \quad (20)$$

unde :

$$K_{12} = \pi \cdot K_{11}^2 \cdot K_{10};$$

$$K_{11} = \frac{D_{ec}}{D_i};$$

$$K_{10} = \sqrt{\frac{0{,}45^2[3{,}8K_6(2K_7 - K_3) + K_3 \cdot p] + K_9^2(K_{11} - 2K_8)\sigma_t^a}{K_{11} \cdot \sigma_a^t}}$$

$$K_9 = 0{,}45 \sqrt{\frac{3{,}8K_6(2K_7 - K_3) + K_3^3 \cdot p}{(2 - K_8)\sigma_a^t}};$$

$$K_8 = \frac{0{,}5\ K_6}{K_7 \cdot \sigma_a^t};$$

$$K_7 = \frac{D_s}{D_{mg}};$$

$$K_6 = \pi \cdot K_3 \cdot K_1 \cdot 1{,}2\sigma_c \cdot \frac{\sin(\alpha_1 + \rho)}{\cos \rho};$$

$$K_5 = \pi \cdot K_3 \cdot p \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1 - \rho);$$

$$K_4 = \frac{\pi}{4} K_3^2 p + \frac{\pi}{2} K_3 K_1 \cdot p \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1 - \rho);$$

$$K_3 = K_2 - \frac{K_1}{2} \operatorname{tg}\alpha_1;$$

$$K_2 = 2 - K_1 \operatorname{tg}\alpha_1;$$

$$K_1 = \frac{0{,}66\ p}{\sigma_c^{20} - p\left[0{,}165 + 0{,}825 \frac{\sin(\alpha_1 + \rho)}{\cos \rho}\right]};$$

$\alpha_1$ este unghiul garniturii metalice biconice ;
$\rho$ — unghiul de frecare al inelului biconic.

Introducînd în relaţia (14) volumele de metal date de relaţiile (15); (17); (19); (20) şi punînd condiţia de a avea un volum de metal minim :

$$\frac{dW}{dR_i} = 0, \quad (22)$$

se obţine ecuaţia finală de forma :

$$A_1 R_i^5 + A_2 R_i^4 + A_3 R_i^3 + A_4 R_i + A_5 = 0, \quad (23)$$

unde :

$$A_1 = 3[\pi(-0{,}01056\ s - 0{,}01056 \cdot s \cdot J + 0{,}5) + B_1 + K_{12}]$$

$$A_2 = 2[\pi(-0{,}02815\ s \cdot H + 0{,}3628 + 2{,}9675\ sJ - 2J) + B_2]$$

$$A_3 = [\pi(-0{,}02815\ s \cdot M + 2{,}9675\ sH - 33{,}777\ s - 90{,}075\ sJ - 2H) + B_3] \quad (24)$$

$$A_4 = -[\pi(2{,}9675\ s \cdot Q - 86{,}075s \cdot M - 2Q) + V(2 - 2{,}9675s)J]$$

$$A_5 = -2[90{,}075 \cdot s(V - \pi \cdot Q)].$$

Soluţia reală a ecuaţiei (23) va fi raza interioară optimă a recipientului, corespunzătoare unei greutăţi minime de metal.

### III. Aplicaţie numerică

În scopul înţelegerii şi aplicării metodei de calcul propuse, se efectuează un exemplu de calcul pentru o coloană de reacţie cu mantaua realizată din straturi multiple fretate prin contracţia sudurii (executată la Uzina Griviţa Roşie Bucureşti) cunoscînd : volumul $V = 45\text{m}^3$, presiunea interioară $P_i = 230$ daN/cm;

$\sigma_c^{20} = 2\,800$ daN/cm$^2$; $\alpha_1 = 45°$; $\rho = 15°$;

$D_s = 125$ cm; $D_{mg} = 84{,}08$ cm;

$\sigma_a^t = 1\,867$ daN/cm$^2$; $C_c = 0{,}2$ cm; $s = 0{,}6$ cm; $n = 10$ straturi.

Efectuînd calculele se obţine : $K_1 = 0{,}05787$; $K_2 = 1{,}96659$; $K_3 = 1{,}94988$; $K_4 = 363{,}80533$ $K_5 = 813{,}02$; $K_6 = 871{,}95$; $K_7 = 1{,}4867$; $K_8 = 0{,}15707$; $K_9 = 0{,}55857$; $K_{10} = 0{,}9436$; $K_{11} = 0{,}95$; $K_{12} = 2{,}675$; $F_F = 1{,}5794$; $J = 0{,}630$; $H = 0{,}41043$; $M = 0{,}02457$; $Q = 0{,}08$; $B_1 = 1{,}1932$; $B_2 = 3{,}6408$; $B_3 = 1{,}607$; $B_4 = 0{,}7447$; $A_1 = 16{,}2197$; $A_2 = 8{,}6487$; $A_3 = -169{,}3115$; $A_4 = 9877496$; $A_5 = -4{,}864 \cdot 10^9$.

Ecuaţia (23) va fi de forma :

$$16{,}2197R_i^5 + 8{,}6487R_i^4 - 169{,}3113R_i^3 - 9877496R_i - 4{,}864 \cdot 10^9 = 0.$$

Soluția reală a acestei ecuații va da raza interioară optimă a coloanei $R_i = 50{,}5$ cm, necesitînd o cantitate totală de metal de 69 080 kg.

Coloana de reacție proiectată și fabricată la Uzina Griviția Roșie București, pentru aceleași date, a fost executată cu raza interioară $R_i = 80$ cm, consumîndu-se o cantitate de metal de 83 335 kg. Economia de metal ce rezultă, aplicînd metoda de calcul propusă, este de circa 17,1 %.

## Concluzii

În ceea ce privește metoda prezentată se pot trage următoarele concluzii:

— metoda este accesibilă din punctul de vedere al înțelegerii și volumului de calcul efectuat;

— prin adaptare, ajungînd la relații similare relațiilor (15), (17), (19), (20), se pot dezvolta metode de calcul și pentru recipienții de înaltă presiune cu alte tipuri de închizătoare;

— aplicînd metoda de calcul propusă, se obțin economii de metal de circa 17,1%, față de proiectarea curentă a unui recipient similar.

### Bibliografie


[1] Teodorescu, Șt. *Utilaj petrochimic și de rafinării. X. Aparatură și recipienți cu pereți groși pentru înaltă presiune.* I.P.G. Ploiești, 1979.

[2] Muscan, Al. Revista de chimie, **27**, nr. 12, 1979.

[3] Renert, M., Muscan, Al., Coban, B. Construcția de mașini, vol. 21, nr. 7—8, 1969.

[4] Hugo, H. *Aparate und Armaturen der Chemischen Hochdrucktechnik.* Springer—Verlag, Berlin Heidelberg, 1967.

[5] Jinescu, V. *Utilaj tehnologic pentru industrii de proces.* Ed. Tehnică, București, 1983.

[6] Broc, I. *Optimising the design of multshell cylindrical pressure vessels.* Britisch chemical Engineering, vol. 16, nr. 6, iunie, 1981.

[7] Nicolae, V. *Contribuții la calculul și construcția recipienților cu pereți groși realizați din bandă profilată înfășurată.* Teză de doctorat, I.P.G. Ploiești, 1986.


# Trolliu de intervenție pentru sonde de mică adîncime, montat pe tractor șenilat, avînd sarcina în cablu la tobă de 3 tf


Ing. C. Șerban

I.R.M.G.I.P. Poiana Cîmpina


## I. Întrebuințare

Operațiile de intervenție la sonde se execută, pentru o pondere însemnată din fondul total de sonde, cu ajutorul instalațiilor de intervenție.

Aceste utilaje complexe sînt montate pe autoșasiuri și remorci, avînd grup de acționare și mast propriu.

Sînt însă zone, unde aceste utilaje mai ancombrante nu pot pătrunde și unde sondele respective, dispunînd de mast sau turlă de producție montată pe locație, facilitează efectuarea operațiilor de intervenție de către utilaje mai simple, dar cu putere de pătrundere mare.

În această categorie se înscriu troliile montate pe tractoare cu șenile.

Articolul de față tratează despre un astfel de troliu construit să deservească sonde pînă la adîncimi de circa 1 200 m, montat pe grupul motopropulsor al tractorului S-651, produs de Întreprinderea de tractoare Miercurea Ciuc.

## II. Descriere

Tractorul S-651, cu șasiu și cabină modificată față de construcția standard, are prevăzută în spate (față de direcția de mers) toba pe care se înfășoară cablul ce se trece peste sistemul de scripeți, în vederea efectuării operației de intervenție.

Transmiterea mișcării de la cutia de viteze a tractorului se face prin intermediul unei prize de putere, care transmite mișcarea la axa de intrare a cutiei de viteze a troliului.

Cutia de viteze a troliului are patru viteze, iar schimbarea acestora se face prin două sisteme de acționare:

— acționare mecanică (prin pîrghii);

— acționare pneumatică (prin electrovalve).

Cuplarea și decuplarea tobei se fac, ca și la celelalte tipuri de trolii, cu ajutorul unui cuplaj cu fălci (crabot).

Toba troliului are diametrul de 352 mm și lungimea de 640 mm între tamburii de frînă, dispunînd de o capacitate de înfășurare a cablului după cum urmează:

- 1 220 m, cînd se folosește cablu Ø=16 mm;
- 950 m, cînd se folosește cablu Ø = 18 mm;
- 650 m, cînd se folosește cablu Ø = 22 mm.

Aerul necesar acționării pneumatice este furnizat de un compresor de tip CA 133, acționat prin curea de motorul tractorului, care asigură o presiune în rețea de 7,0 bar.

## III. Caracteristici tehnico-funcţionale

Utilajul de bază, care de fapt asigură tractarea şi acţionarea echipamentului de troliu, este tractorul S-651. Tractorul este echipat cu motor D 104 B Diesel în patru timpi, cu injecţie directă, avînd puterea nominală de 47,8 kW (65 CP) şi turaţia nominală de 1 800 rot/min.

Momentul motor maxim la 1 250 rot/min este de 28,9 daN · m.

Transmisia de la motor este asigurată printr-un ambreiaj de fricţiune, monodisc, uscat, montat în volantul motorului.

Cutia de viteze a tractorului este cu patru trepte de viteză înainte şi patru trepte de viteză pentru mers înapoi, realizate prin inversor.

Sistemul de rulare este cu cele două cărucioare ale şenilei, prevăzute fiecare cu cinci role de reazem şi două role de susţinere.

Transmisia mişcării la axul tobei troliului se face prin intermediul unui lanţ triplex de la cutia de viteze a troliului care, la rîndul său, aşa cum s-a arătat, preia mişcarea prin priza de putere a cutiei de viteze a tractorului. Cutia de viteză a troliului dispune de patru trepte de viteză într-un sens şi patru în sens invers, realizate, de asemenea, cu ajutorul unui inversor.

Rapoartele de transmisie variază între 8,87 pentru treapta I de viteză şi 2,5 pentru treapta a IV-a.

## IV. Determinarea centrului de masă al troliului

Modificarea cabinei şi montarea echipamentului specific troliului de intervenţie au condus, cum era şi normal, la modificarea centrului de greutate al tractorului.

În figura 1 este reprezentat schematic modul de determinare a coordonatei centrului de greutate pe orizontală.

În figura 2 se prezintă, de asemenea, determinarea pe verticală a coordonatei centrului de greutate.

Greutatea de exploatare a tractorului a fost determinată cu ajutorul traductoarelor tensometrice, tractorul fiind complet echipat, cu plinurile făcute, cu conducătorul de utilaj şi fără cablu pe tobă. În aceste condiţii greutatea măsurată a fost de 8 700 daN, repartizată astfel:

— 4 412 daN pe partea stîngă;

— 4 288 daN pe partea dreaptă.

Conform figurii 1 tractorul se aşază în poziţie perfect orizontală, suspendat pe un cuţit, cît mai aproape de poziţia de echilibru şi susţinut în partea din faţă de cîrligul unei macarale în care s-a agăţat un traductor de sarcină.

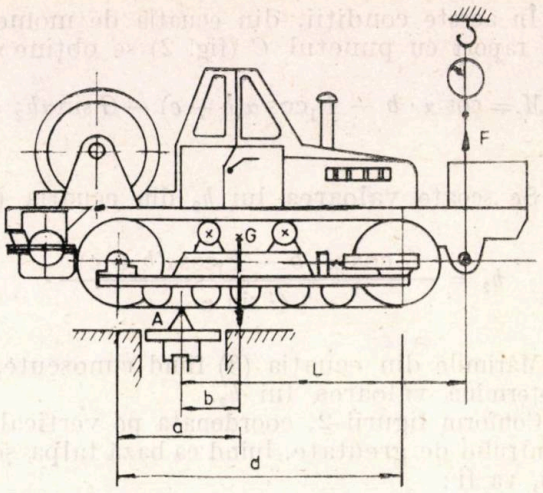



Fig. 1. Determinarea coordonatei centrului de greutate pe orizontală.

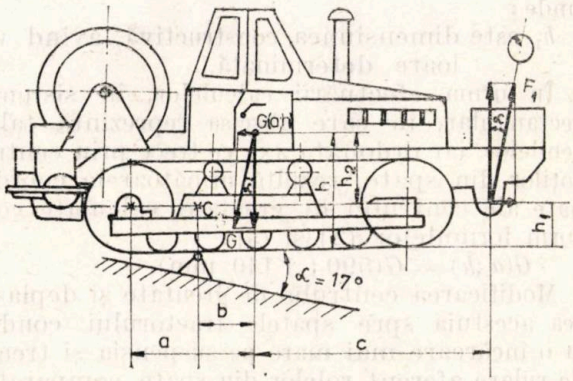



Fig. 2. Determinarea coordonatei centrului de greutate pe verticală.

Dacă în această poziţie se scrie ecuaţia de moment în raport cu punctul $A$, obţinem:

$$G \cdot b - FL = 0, \qquad (1)$$

de unde:

$$b = L \cdot \frac{F}{G};$$

$F(F_1)$ — forţa în cablu.

Cunoscînd prin măsurare distanţa $a - b$, se poate obţine distanţa $a$ care reprezintă coordonata pe orizontală a centrului de greutate faţă de axa roţilor din spate.

Din măsurări efectuate la încercări $a - b = 125$ mm, de unde rezultă coordonata pe orizontală:

$$a = 125 + b, \qquad (2)$$

iar $b$ se calculează cu expresia de mai sus.

Ridicîndu-se tractorul la un unghi $\alpha = 17°$ (se poate lua orice unghi), valoarea forţei se reduce corespunzător, o parte din greutatea totală a utilajului transferîndu-se pe reazem.

În aceste condiţii, din ecuaţia de momente în raport cu punctul $C$ (fig. 2) se obţine:

$$\Sigma M_c = \cos\alpha \cdot b - F_1 \cos\alpha(b + c) - G \sin\alpha h_2 = 0. \quad (3)$$

Se scoate valoarea lui $h_2$ din ecuaţia (3):

$$h_2 = \frac{G\cos\alpha \cdot b - F_1\cos\alpha(b + c)}{G \sin\alpha}. \quad (4)$$

Mărimile din ecuaţia (3) fiind cunoscute, se determină valoarea lui $h_2$.

Conform figurii 2, coordonata pe verticală a centrului de greutate, luînd ca bază talpa şenilei, va fi:

$$h = h_1 + h_2, \quad (5)$$

unde:

$h_1$ este dimensiunea constructivă, avînd valoare determinată.

În urma efectuării calculelor, în sistemul rectangular, în care abscisa reprezintă talpa şenilelor, iar ordonata axa ce trece prin centrul roţilor din spate, rezultă următoarele coordonate ale centrului de greutate, calculate conform formulelor (2) şi (5):

$G(a; h) = G(590; 1\,140$ mm).

Modificarea centrului de greutate şi deplasarea acestuia spre spatele tractorului conduc la o încărcare mai mare pe suspensia şi trenul de rulare aferent rolelor din spate, comparativ cu faţa tractorului.

În cazul tractoarelor pe roţi, valoarea acestor încărcări se calculează din ecuaţia de momente. La tractoarele pe şenilă, aşa cum s-a arătat la începutul capitolului, se determină încărcarea pe şenile, dar se are în vedere această modificare a încărcării specifice a trenului de rulare ca urmare a modificării centrului de greutate.

Valoarea acestor forţe reprezintă încărcarea pe timpul staţionării, fără sarcină la cablul tobei, precum şi în timpul deplasării troliului de la o sondă la alta.

Pe timpul lucrului la sondă (efectuat în poziţie staţionară şi cu sarcina în cablul tobei), încărcările se modifică corespunzător sarcinii de lucru din cablu.

## V. Verificarea troliului la suprasarcină şi măsurarea forţelor de inerţie

1. *Măsurarea variaţiei tensiunii în cablul troliului*

În cadrul diferitelor încercări la care a fost supus troliul, acesta a fost testat şi la măsurări privind variaţia tensiunii în cablul troliului.

Proba s-a efectuat la o sondă cu adîncimea de 1 120 m, folosind echipament tensometric rezistiv.

Amplasarea traductoarelor electrotensometrice rezistive s-a făcut astfel:

— două traductoare pe două feţe paralele ale probei, traductoare deformabile TER 1 şi TER 2; proba a avut forma aproximativă a unui chiolbaş cu suprafaţa deformabilă 24 × 15,4 mm, fiind confecţionată din OLC 35;

— două traductoare pe o probă martor nedeformabilă TER 3 şi TER 4.

În figura 3 este arătată puntea acestor traductoare şi legătura de la traductor la amplificatorul tensometric.

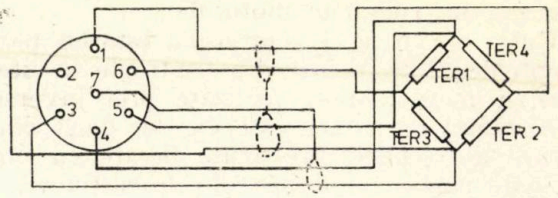



Fig. 3. Punte tensometrică şi legătura la amplificator: TER 1 şi TER 2 — traductoare ce se deformează; TER 3 şi TER 4 — traductoare motor.

Pentru măsurare s-a folosit un amplificator electrotensometric cu două canale şi un bloc de afişare analogică.

Pentru înregistrare s-au folosit un oscilograf de tip NO 71.2 cu 24 canale, un galvanometru MO 41 şi, ca suport, hîrtie sensibilă la spectru *uv*.

Legătura de la traductorul de forţă la amplificator s-a făcut cu cablu tensometric cu şase fire ecranate două cîte două (fig. 3), ţinînd seama de compensarea lungimii cablului.

Legătura de la amplificatorul tensometric la oscilograf s-a făcut cu cablu ecranat cu patru fire.

Pentru reglarea şi etalonarea amplificatorului tensometric şi a oscilografului s-a folosit un traductor de forţă similar punţii din figura 3, folosind mărci identice şi o probă deformabilă de aceeaşi secţiune, montată pe maşină de tracţiune EU 40, obţinîndu-se oscilograma din figura 4.

S-a urmărit obţinerea unei indicaţii liniare a tensometrului reglat pe scara 1 000 μm/m şi cu valoare 1,64 la potenţiometrul de amplificare.

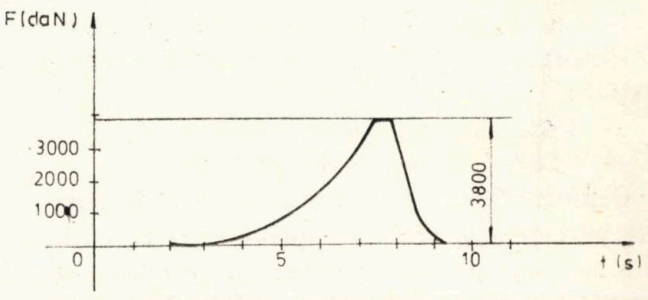



Fig. 4. Diagrama de etalonare a oscilografului şi amplificatorului tensometric.

Aceste valori s-au folosit și în timpul probei la sondă.

Din analiza oscilogramelor redate în figurile 5 și 6 se pot trage unele concluzii, și anume:

— folosind viteza I de lucru, sarcina în cablu a fost de circa 3 530 daN, iar valoarea maximă a forțelor de inerție a fost $F_i = 470$ daN, care s-au amortizat în circa 5 s;

— folosind viteza a II-a de lucru la extragerea pasului 22, sarcina în cablu a fost de circa 3 350 daN, iar valoarea maximă a forțelor de inerție a fost de circa 940 daN; forțele de inerție s-au amortizat în circa 7 s.

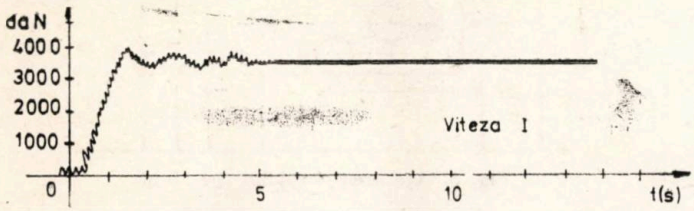



Fig. 5. Oscilograma extragerii pasului 16.

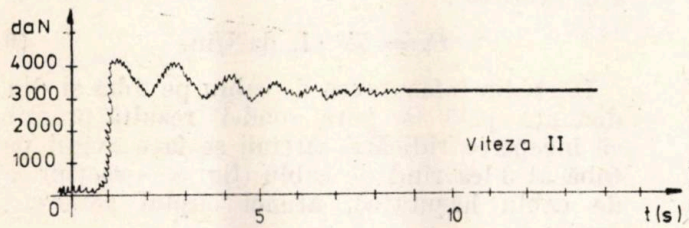



Fig. 6. Oscilograma extragerii pasului 22.

Vitezele a III-a și a IV-a nu prezentau importanță sub aspectul încercării la suprasarcină, întrucît ele puteau fi aplicate numai după ce sarcina s-a redus cu circa 50% față de sarcina nominală.

De reținut că valorile sarcinii în cablu, înscrise mai sus, reprezintă sarcina în cablul legat la piciorul turlei (capul mort al cablului), unde a fost montată proba tensometrică.

În capitolul următor se va vedea valoarea corespunzătoare a tensiunii în cablu la toba granicului.

2. *Calculul tensiunii din capătul activ al cablului (cablul înfășurat pe tobă)*

În general, echipamentul de manevră utilizat la sonde de această adîncime este $3 \times 2$ sau $2 \times 1$.

Pentru a obține o sarcină mai mare la cablul tobei, s-a folosit un echipament cu două role la geamblac și o rolă la macara ($2 \times 1$).

În figura 7 este reprezentată varianta de lucru la sondă cu cablul tobei trecut direct peste rola de la geamblac.

Luînd ca bază eforturile în cablu determinate în oscilogramele 5 și 6, care corespund valorii $T_0$, se poate aplica formula de calcul pentru cazul ridicării sarcinii $Q$:

$$T_0 = Q \frac{(\beta - 1)}{\beta(\beta^n - 1)}, \qquad (6)$$

în care:

$T_0$ este sarcina măsurată prin tensometrie;

$\beta$ — coeficient ce ține seama de rigiditatea cablului și de frecarea în ax;

$n$ — numărul de fire;

$n = 2K$,

unde:

$K$ — numărul rolelor la macara.

Din formula (6) scoatem valoarea lui $Q$:

$$Q = T_0 \frac{\beta(\beta^n - 1)}{\beta - 1}. \qquad (7)$$

Înlocuind succesiv în formula (7) valoarea lui $T_0$ din măsurările oscilogramelor 5 și 6, precum și valorile corespunzătoare termenilor de mai jos:

$\beta = 1{,}02$ pentru role cu $D > 650$ mm,

$K = 1$, deci $n = 2 \times 1 = 2$,

vom obține:

$$Q_1 = 3\,530 \frac{1{,}02(1{,}02^2 - 1)}{1{,}02 - 1} = 7\,273{,}2 \text{ daNf};$$

$$Q_2 = 3\,350 \frac{1{,}02(1{,}02^2 - 1)}{1{,}02 - 1} = 6\,902{,}3 \text{ daNf}.$$

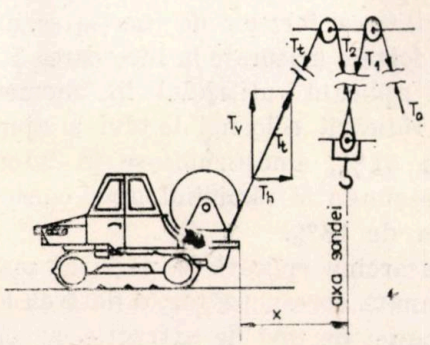



Fig. 7. Schema de lucru la sondă.

Valoarea sarcinii fiind determinată prin tensometrie, cuprinde și greutatea macaralei, a cablului trecut peste sistemul diferențial și, bineînțeles, a coloanei de țevi de extracție, corectată cu coeficientul de flotabilitate.

Pentru cele două valori $Q_1$ și $Q_2$ se pot calcula valorile tensiunii în cablul tobei la ridicare cu formula:

$$T_t = Q\frac{\beta^n(\beta-1)}{\beta^n-1}. \qquad (8)$$

Vom avea:

- cazul 1, $T_t = 7\,273{,}2\,\dfrac{1{,}02^2(1{,}02-1)}{1{,}02^2-1} =$

$= 3\,746$ daNf.

- cazul 2, $T_t = 6\,902{,}3\,\dfrac{1{,}0404\cdot 0{,}02}{0{,}0404} =$

$3\,550$ daNf.

Rezultă că, la cele două încercări efectuate, utilajul a fost încărcat față de sarcina nominală la sarcini suplimentare arătate în tabelul 1, ajungînd cu circa 25% peste sarcina nominală.

*Tabelul 1*

| Încercarea | Efortul în cablu la piciorul turlei, $T_0$ daN | Sarcina ci lig, $Q$, daNf | Efortul în cablu la tobă, $T_t$, daNf | Suprasarcina, % |
|---|---|---|---|---|
| I | 3 530 | 7 273,2 | 3 746 | 24,8 |
| II | 3 350 | 6 902,5 | 3 550 | 18,3 |

Desigur că, luînd în calcul și forțele de inerție, suprasarcina aplicată utilajului este mult mai mare. Spre exemplu, la încercarea a II-a, unde valoarea forțelor de inerție se dublează față de forțele măsurate la încercarea I, suprasarcina aplicată utilajului în momentul începerii ridicării coloanei de țevi a ajuns pînă la circa 51%, amortizîndu-se în interval de 5—10 secunde și rămînînd apoi constantă la valoarea de 18%.

Suprasarcina aplicată pe perioadă mai lungă și diminuată corespunzător, o dată cu extragerea coloanei de țevi de extracție, a confirmat dimensionarea corespunzătoare a troliului.

## VI. Cuplul rezistent

Important de reținut este și faptul că sarcina nominală de 3 tf este considerată la rîndul doi de înfășurare a cablului (fig. 8 — secțiunea de cablu înnegrită).

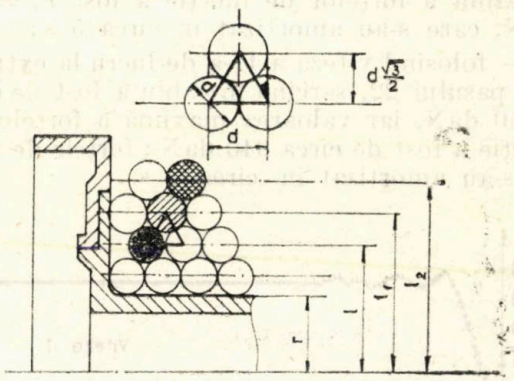



Fig. 8. Așezarea cablului pe tobă.

În această situație cuplul aplicat la axa tobei, care trebuie învins de motor (cuplul rezistent) are valoarea:

$$C_r = T_t \cdot l, \text{ daN/m}. \qquad (9$$

Dacă din înfășurarea de cablu pe tobă și din distanța pînă la gura sondei rezultă practic că începerea ridicării sarcinii se face avînd pe tobă al 3-lea rînd de cablu (fig. 8 — secțiunea de cablu hașurată), atunci cuplul rezistent devine:

$$C_{r_1} = T_t l_1 = T_t\left(l + d\frac{\sqrt{3}}{2}\right), \qquad (10)$$

întrucît $l_1 > l$ rezultă și $C_{r_1} > C_r$.

În mod similar se obține și:

$$C_{r_2} = T_t l_2 = T_t(l + d\cdot\sqrt{3}). \qquad (11)$$

Pentru cablu avînd $\varnothing = 18$ mm și un efort de tracțiune la toba $T_t = 3$ tf, creșterea cuplului rezistent în cazul aplicării sarcinii în cablu de la un rînd de spire depus la cel imediat superior este de circa 8%.

## VII. Poziția de lucru

În privința amplasării utilajului la sondă, distanța $x$ față de gaura sondei (fig. 7) este determinată de efectuarea operației în condiții de siguranță și de echilibrarea sarcinii din cablu față de masa utilajului.

Trebuie să se aibă în vedere că, cu cît distanța $x$ este mai mare, componenta $T_h$ este mai mare și $T_v$ este mai mică. Invers, cînd troliul este mai aproape de sondă, componenta $T_v$ este mai mare și trebuie echilibrată cu încărcarea dată de masa utilajului repartizată pe spate, astfel ca troliul să nu aibă tendința să se ridice.

## Informaţii

# Tîrgul Internaţional Bucureşti 1989

În perioada 14—22 oct. 1989, a avut loc cea de-a 15-a ediţie a **Tîrgului Internaţional Bucureşti**, prestigioasă manifestare economico-comercială găzduită de Capitala României.

Acţionînd cu responsabilitate şi consecvenţă pentru promovarea cauzei păcii, progresului, colaborării internaţionale, sub directa îndrumare şi la iniţiativele preşedintelui României, tovarăşul **Nicolae Ceauşescu**, România manifestă o preocupare constantă şi fermă pentru dezvoltarea şi aprofundarea relaţiilor sale economice cu toate statele lumii, fără deosebire de orînduire socială, în spiritul principiilor independenţei şi suveranităţii naţionale, neamestecului în treburile interne, deplinei egalităţi în drepturi şi avantajului reciproc. Garanţia politicii constante de adîncire şi dezvoltare a acestor relaţii ale României rezidă, în primul rînd, în continua dezvoltare economică.

Interdependenţa dintre poziţia prestigioasă deţinută de România pe plan mondial, participarea sa tot mai intensă la circuitul mondial de valori şi la diviziunea internaţională a muncii şi dezvoltarea complexă, rapidă şi echilibrată a economiei naţionale a fost în repetate rînduri subliniată de către preşedintele României, arătînd că „exportul nu este ceva facultativ, ci constituie o necesitate obiectivă pentru buna desfăşurare a activităţii economice, pentru dezvoltarea forţelor de producţie, pentru a asigura participarea ţării noastre la diviziunea internaţională a muncii".

Pe aceste coordonate, potenţialul economic al României a cunoscut o creştere continuă, pusă în evidenţă, între altele, de faptul că, faţă de 1945, în acest an producţia industrială este de 135 de ori mai mare, producţia agricolă de circa 10 ori, iar venitul naţional, de 40 de ori. Aceste sporuri sînt cantitative, dublate de o rapidă şi profundă modernizare a economiei naţionale, între altele, ilustrată de crearea, numai în ultimii douăzeci de ani, a aproape 2 000 de întreprinderi, amplasate în centre industriale tradiţionale sau în peste 180 de noi platforme industriale, precum şi de ritmul rapid de asimilare a progresului tehnic. Astfel, numai anul trecut au fost realizate şi asimilate în fabricaţie 2 885 de tipuri noi şi modernizate de maşini, utilaje, aparate şi instalaţii, 683 de materiale şi 446 de bunuri de consum şi au fost introduse în procesul de producţie 1918 tehnologii şi sisteme de mecanizare şi automatizare.

Toate acestea au avut ca rezultat creşterea la 48,4% a ponderii deţinute în producţia marfă a ramurilor prelucrătoare din industria republicană a anului 1988 de către produsele noi şi modernizate introduse în producţie începînd din 1986.

Aceste realizări pe plan intern au permis României să participe tot mai activ la circuitul mondial de valori, întreţinînd relaţii economice şi de cooperare cu 149 de state.

În acelaşi timp, a continuat procesul de îmbunătăţire a structurii exportului prin creşterea ponderii mărfurilor cu grad superior de prelucrare — maşini, utilaje şi mijloace de transport, produse chimice şi mărfuri industriale de larg consum — la peste 63% din volumul total al exportului.

Acest însemnat potenţial economic a permis României să-şi achite la începutul acestui an întreaga sa datorie externă, fără a fi nevoită să încetinească dezvoltarea complexă a economiei sale, după cum o demonstrează faptul că numai în intervalul 1981—1989 au fost alocate pentru dezvoltare peste 2 000 de miliarde lei, adică peste 200 miliarde dolari, la cursul necomercial al dolarului.

În afara semnificaţiei pe care o dobîndeşte anul 1989 în conştiinţa poporului român ca dată la care a fost obţinută independenţa financiară a ţării, acest an are o importanţă deosebită, avînd în vedere că acum aproape două luni s-au aniversat 45 de ani de la revoluţia de eliberare naţională şi socială, antifascistă şi antiimperialistă şi că tot în acest an va avea loc cel de-al XIV-lea Congres al Partidului Comunist Român.

Printr-o fericită coincidenţă, 1989 este şi anul în care **Tîrgul Internaţional Bucureşti** s-a aflat la cea de-a XV-a ediţie, ceea ce i-a conferit acestei manifestări valenţele unui rodnic bilanţ al succeselor obţinute de poporul român în edificarea unei industrii moderne, fiind, de asemenea, o imagine concretă şi concludentă a perspectivelor de dezvoltare a economiei naţionale, precum şi a raporturilor comerciale şi de cooperare întreţinute de România cu alte state. În acelaşi timp, TIB'89 a oglindit, în chip sintetic, cele mai noi şi reprezentative realizări înregistrate pe plan mondial în aproape toate ramurile de activitate.

Înscris între manifestările comerciale de prestigiu, **Tîrgul Internaţional Bucureşti** a reunit sub tradiţionala deviză **Comerţ—Cooperare—Dezvoltare — Pace**, un mare număr de expozanţi români şi firme de renume din întreaga lume cu o bogată şi îndelungată experienţă.

Prin varietatea exponatelor, nivelul tehnic ridicat al acestora, ediţia a XV-a a Tîrgului Internaţional Bucureşti a oferit o bază sigură şi a creat premise favorabile pentru încheierea unor contracte şi tranzacţii rodnice pentru stimularea schimburilor comerciale.

În acest an, au luat parte la manifestarea găzduită de Capitala României peste 700 de centrale industriale, întreprinderi producătoare, institute de cercetare şi întreprinderi de comerţ exterior româneşti, care au expus o mare varietate de produse pe o suprafaţă totală de 60 800 m².

În afara acestora, au fost prezente mai mult de 610 firme străine din 51 de ţări, a căror ofertă a fost etalată pe 22 200m². Un număr de 32 de ţări şi-au prezentat oferta în cadrul unor pavilioane naţionale, respectiv Albania, Australia, Austria Bangladesh, Belgia, Brazilia, Bulgaria, Canada, Cehoslovacia, Chile, Costa Rica, Cuba, Elveţia, Franţa, R.D. Germană, R.F. Germania, Israel, Italia, Iugoslavia, Japonia, Nigeria, Norvegia, Palestina, Polonia, Spania, Suedia, Statele Unite ale Americii, Tunisia, Turcia, Ungaria, Uniunea Sovietică şi Zair.

Dintre acestea, Austria, Bulgaria, Cehoslovacia, R.D. Germană, R.F. Germania, Israel, Italia, Iugoslavia, Japonia Polonia, Statele Unite ale Americii, Ungaria și Uniunea Sovietică au luat parte la toate ediţiile precedente ale **Tîrgului Internaţional Bucureşti**.

În afara firmelor reunite în cadrul participărilor oficiale, la TIB'89 au luat parte o serie de firme individuale din Arabia Saudită, Cipru, Danemarca, Egipt, Emiratele Arabe Unite, Grecia, Guineea, Iordania, India, Irlanda, Kuweit, Liban, Liberia, Libia, Liechtenstein, Marea Britanie, Olanda, Panama și Statele Unite, precum și din Berlinul de Vest.

Dintre acestea, multe au fost prezenţe tradiţionale la TIB, altele și-au etalonat produsele pentru prima oară la Bucureşti.

Printre firmele care au participat cu consecvenţă la TIB, se numără companii de renume mondial, ca de exemplu I.C.I., Shell sau Rank Xerox din Anglia, Aichorn-Agromeat, Cheminst, Labsystems, Rhode- und Schwarz, Friedrich Wilhelm (Austria), Socser (Belgia), Balkancar sau Machinoexport din Bulgaria, AECL din Canada, Chemapol și Strojimport (Cehoslovacia), Crescent (Cipru), Brüel & Kjaer din Danemarca, Donau (Elveţia), C.C.I. și Rhône-Poulenc (Franţa), Takraf, Chemie-Export-Import din R.D. Germană, Burmah, MAN și Metallgesellschaft (R.F. Germania), Ansaldo (Italia), Agroprema (Iugoslavia), Ikehara sau Marubeni din Japonia, Kompexa și Cawo din Liechtenstein, Norsk-Hydro din Norvegia, Unilever, Peja sau Philips din Olanda, Ciech, Bumar sau Rafamet (Polonia), Dow, General Electric, WJS Moody și ICEC din Statele Unite, MOM sau Metrimpex din Ungaria, Aviaexport, Exportles, Mashinoexport sau Mashpriborintorg din Uniunea Sovietică.

Faptul că **Tîrgul Internaţional Bucureşti** și-a păstrat, de la un an la altul, expozanţii tradiţionali, atrăgînd la fiecare ediţie și un număr ridicat de participanţi în premieră, demonstrează prestigiul crescut al acestei manifestări, aprecierea de care ea se bucură în rîndul oamenilor de afaceri din întreaga lume.

Ediţia a XV-a a TIB a supus atenţiei specialiștilor și publicului larg o ofertă românească deosebit de variată, acoperind toate ramurile industriale. S-au evidenţiat, pentru caracteristicile lor tehnico-funcţionale deosebite, o parte din exponatele aparţinînd construcţiei de maşini, electronicii și electrotehnicii, ca de exemplu minicalculatorul CORAL 8730, plotterul inteligent cu fricţiune PIF-03, familia de microprocesoare CMOS 400-B, televizorul color integrat TELECOLOR 5006, echipamentul de navigaţie prin satelit NAVISAT, osciloscopul E 009, cuptoarele de tratamente termice în vid, morile cu bile pentru prepararea minereurilor, draglinele cu capacitatea cupei de 0,5 $m^3$, maşina de ripat, nivelat, burat pentru întreţinerea căilor ferate, vagoane restaurant și de dormit, nava maritimă de pasageri cu capacitate de 475 locuri, compensatorul lenticular de dilataţie multistrat cu lentilă în 6 straturi și diametrul de 4 200 mm, noile tipuri de strunguri, maşini de frezat, centre de prelucrare, instalaţia de prelucrat metale în sistem flexibil, linia de îmbuteliat lichide alimentare cu o capacitate de 15 000—18 000 sticle pe oră și altele.

Cunoscută în lume ca un mare producător și exportator de utilaje de foraj, extracţie și cercetare, România și-a dezvoltat și își dezvoltă în continuare această ramură industrială, prin adoptarea celor mai noi soluţii tehnice, prin reproiectarea și modernizarea produselor. La această ediţie a TIB paleta mărfurilor din acest domeniu a inclus instalaţiile de foraj, prevenitoarele de erupţie, sape de foraj, instalaţii de extracţie etc.

Din sectorul transporturilor, specialiștii și publicul larg au reţinut autocamioanele și autobasculantele de diverse capacităţi, autovehiculele speciale, noile modele de autoturisme de oraș Dacia și Oltcit, autoturismele de teren ARO, precum și elicopterele, planoarele, motoplanoarele, avioanele, locomotivele și vagoanele de călători și vagoanele de mărfuri; o bogată reprezentare a avut-o chimia, din domeniul căreia au fost prezentate cauciuc poliizoprenic CAROM, noi tipuri de coloranţi pentru vopsirea ţesăturilor din fire poliesterice, poliamidice și acrilice, fibre poliamidice relon cu secţiune profilată din care se obţin fire de efect în ţesături, tricotaje și confecţii, fibre poliesterice tip bumbac foarte fine pentru ţesături uşoare, noi aliaje de aluminiu pentru industria autoturismelor, medicamente de mare eficacitate (ASPACARDIN, PIROXICAM, AMOXICILINA), cosmetice, îngrășăminte chimice etc.

Oferta expozanţilor de peste hotare a cuprins, de asemenea, o selecţie a celor mai noi produse, care concură la realizarea unei imagini aproape complete a potenţialului de producţie și export al unor firme internaţionale de prestigiu.

Auspiciile favorabile sub care s-a desfășurat activitatea comercială în cadrul acestei manifestări, atestată de participarea de prestigiu a ţărilor și firmelor individuale, de diversitatea și nivelul tehnic și calitativ al exponatelor, de condiţiile organizatorice asigurate, au fost în măsură să deschidă largi posibilităţi și perspective spre cunoașterea potenţialului economic de care dispune actualmente România, precum și celelalte ţări prezente la TIB'89, asigurînd un climat rodnic transferului de idei și experienţă între specialiști.

# Istoricul staţiunii balneoclimatice „Valea Stelei"

**(Jud. Prahova)**

O caracteristică a localităţii Băicoi constă în faptul că ea se află pe un masiv subteran de sare, care „ţine din Valea lui Dan şi pînă în inima Băicoiului, are o lungime de aproximativ 6 km, o adîncime de 2 800—3 000 m şi o lăţime ce variază între 60 şi 1 200m (pe Bobeica şi în Băicoi) [1]. Aşadar, nu este de mirare că în Valea Stelei (numită odinioară şi Seninul Statului) există izvoare cloro-sodice-sulfuroase-iodate. Temperatura lor este de +(25—30°C), în vreme ce temperatura aerului este de +(13—14)°C [2]. În Ţintea mai există însă şi „trei lacuri cu apă minerală cloruro-sodică concentrată"[3]. În zona respectivă există şi ozocherită (parafină), exploatată prin primele puţuri săpate în acest scop în anul 1883, cu o adîncime ce nu depăşea 72 m [4].

Primul care s-a gîndit să fructifice izvoarele din Valea Stelei a fost *Jean Deker*, care „avea concesiune petrolieră pe Seninul Statului ; acolo „a instalat cel dintîi o cabină unde făcea băi cu apa . . .din izvoarele de pe Seninul. După expirarea concesiunii, lacurile au fost utilizate de locuitori, fără să li se dea o atenţie prea mare, deşi analiza izvoarelor se făcuse mai înainte de 1902 . . .' [5]. Aceasta ar fi prima fază de dezvoltare a viitoarei staţiuni, de fapt un început modest. A doua fază se desfăşoară în 1932, în felul următor : „În urma avizului Ministerului Ocrotirilor Sociale Nr. 6794/1928, Ministerul Industriei şi Comerţului concesionează d. *Ioan Ştefănică* suprafaţa de 6 ha şi 3270 m² pe timp de 50 de ani. Prin Decretul Nr. 72/1931 din 21 ianuarie se dă forma egală şi definitivă concesiunii, astfel că în anul următor Ioan Ştefănică face nişte cabine provizorii ; deşi intenţia concesionarului era să le modernizeze, totuşi vremurile care au urmat după 1939 încoace au paralizat orice iniţiativă" [6]. Existau însă şi anumite limite pentru dezvoltarea staţiunii : „izvoarele acestor băi dau un debit prea mic pentru a permite o dezvoltare a staţiunii, iar aşezarea acestora în „găvan" înlesneşte colectarea şuvoaielor ce vin de pe dealurile înconjurătoare, astfel că concentraţia de circa 20—25% sare a băilor este simţitor slăbită, ceea ce face să scadă şi puterea lor curativă" [7].

Totuşi, staţiunea a fost amenajată în a treia perioadă de dezvoltare a ei, după al doilea război mondial. Din cele trei lacuri, „unul singur (suprafaţa 500 m² cu nămol sapropelic mineral) este folosit în cura externă sub formă de băi calde. Instalaţia de băi foloseşte apa din lac extrasă cu o pompă şi încălzită cu gaz de sondă"[8]. Un alt bazin este folosit pentru băi cu apă sărată. Ultimul bazin colectează de fapt apele pluviale. Pentru tratament în spaţiu închis se foloseşte un pavilion cu 20 băi calde[9]. Temperatura apelor minerale termale este de 25°—28°C [10].

Menţionăm că staţiunea Ţintea se află la altitudinea de 300 m [11]. Staţiunea Telega, care are indicaţii generale terapeutice identice cu acelea ale staţiunii Ţintea se află la altitudinea de 410 m [12].

**A. MOISIN**

**Bibliografie**


[1] Gh. I. Popescu *Ţintea* (lucrare monografică cu 80 figuri în text) Tipografia de artă D. Miricescu, Ploieşti, 1945, p. 45.
[2] Idem op. cit. p. 45—46
[3] C. Ştefănescu *Staţiuni balneare şi climaterice din România*. Ed. Meridiane, Bucureşti, 1967 p. 18.
[4] Gh.I. Popescu, op. cit., p. 17.
[5] Idem, op cit., p. 46.
[6] Ibidem
[7] Gh.I. Popescu, op. cit., p. 47.
[8] C. Ştefănescu, *Staţiuni balneare şi climaterice din România*, Ed. Meridiane, Bucureşti, 1967, p. 18—19.
[9] Conform datelor furnizate de Consiliul Popular al oraşului Băicoi (febr. 1983).
[10] C. Ştefănescu, op. cit., p. 271.
[11] Idem, op. cit., p. 18 ; dr. L. Munteanu, L. Grigore, C. Stoicescu, *Ghidul staţiunilor balneoclimaterice din România*. Ed. Sport-Turism, Bucureşti, p. 259.
[12] L. Munteanu ş.a. *Ghidul staţiunilor* . . ., p. 259.

# Intreprinderea minieră BARZA

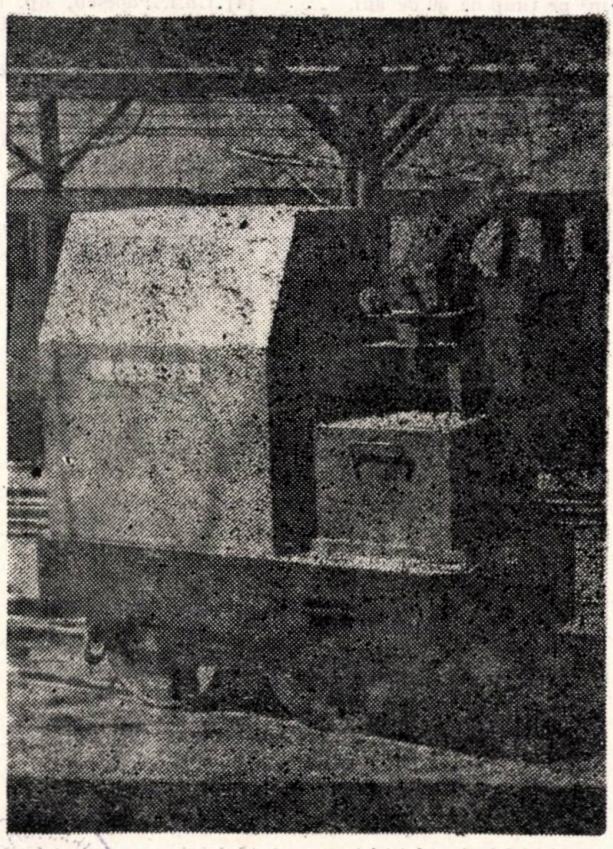
I. M. BARZA, BRAD, Judeţul Hunedoara
Str. Independenţei nr. 2, cod 2775, telefon 51140,
Telex 72216

Produce şi livrează, la cerere, pe bază de comandă

LOCOMOTIVA ELECTRICA CU TROLEU DE GABARIT REDUS PENTRU TRANSPORTUL IN GALERII SECUNDARE L.T. - 2B

cu următoarele caracteristici tehnice:

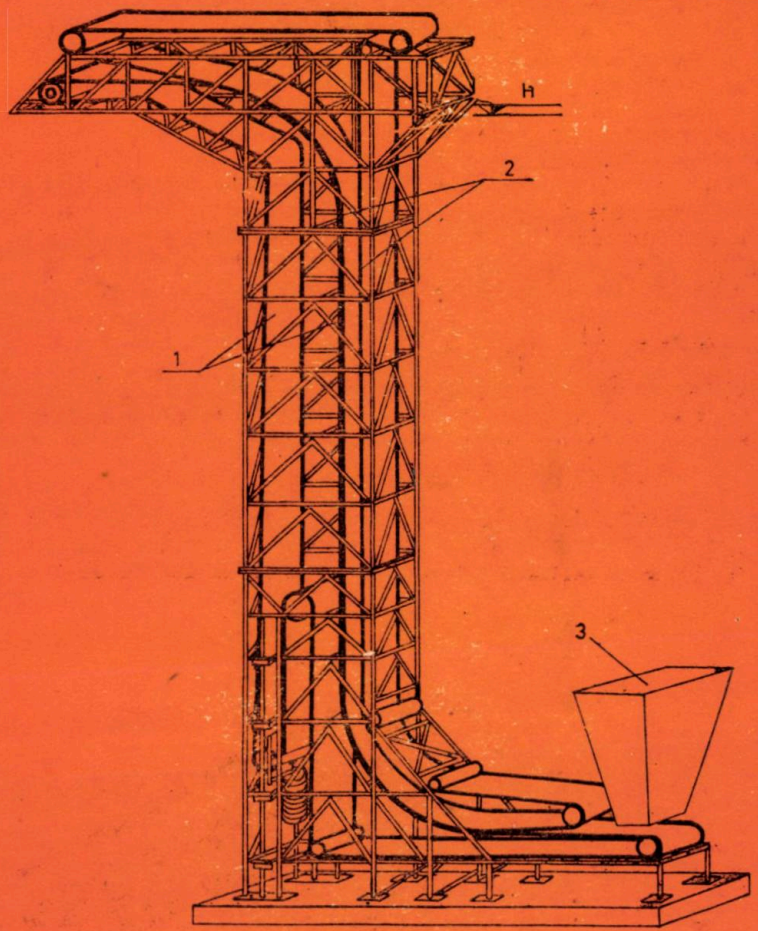
- viteza de deplasare, 6 km/h;
- sarcina la cîrlig, 200 daN;
- ecartament, 570 - 600 mm;
- lungimea, 1640 mm;
- lăţimea, 860 mm;
- înălţimea (fără captator de curent), 1560 mm;
- greutatea, 2000 kg;
- capacitatea de transport, 6 vagoneţi de 1 $m^3$;
- motor electric de acţionare, 4,5 kW; 72 V.c.c.; 720 rot/min;
- rezistenţa pentru pornirea reostatică, tip R-693.



ORSZÁGOS KÖNYVTÁR INFORMÁCIÓS HÖZPONTJÁNAK 1883

MM · CSN · București

# ELEVATOR CU BENZI VERTICALE




## DOMENIUL DE UTILIZARE

Transportul pe verticală a materialelor granulare: 0÷150 mm, umiditate < 20%

## VARIANTE CONSTRUCTIVE

- Structura autoportantă deschisă
- Structura autoportantă închisă
- Structura rezemată în puncte pe construcția ce o deservește
- Deversare în sensul de transport.
- Deversare peste cap.

## CARACTERISTICI

| | | |
|---|---|---|
| COTA DEVERSARE | H | 12÷30 m |
| NR. BENZI | BUC. | 2 B 1000 |
| VITEZA BENZI | m/sec | 2,12 |
| PUTERE INSTALATA | kW | 15÷18,5 |
| CAPACITATE TRANSPORT | t/h | 140÷150 |
| GRANULAȚIE | mm | 0÷150 |
| UMIDITATE | % | <20% |

## LEGENDA

1. Banda inferioară
2. Banda de acoperire
3. Buncăr cu sistem de alimentare

PROIECTANT . ICPMSN Cluj·Napoca

PRODUCĂTOR IPICCF Miercurea·Ciuc

# INSTITUTUL DE CERCETARI, INGINERIE TEHNOLOGICA SI PROIECTARI PENTRU MINEREURI NEFEROASE - BAIA MARE

Str. Dr. Victor Babeş nr. 62, telefon 30412, 23483, 23381, cod : 77.51.74, jud. Maramureş, ROMANIA

EXECUTA SI OFERA BENEFICIARILOR INTERNI SI EXTERNI:

Lucrări de cercetare şi documentaţii tehnico-economice de proiectare în domeniul extracţiei şi prelucrării zăcămintelor de minereuri neferoase şi auro-argentifere pentru:

• sisteme şi metode de exploatare, săpare, susţinere, perforare şi împuşcare a lucrărilor miniere, inclusiv studii de mecanica rocilor şi dirijarea presiunilor miniere • stabilirea gradului de prăfuire şi combaterea prafului, de microclimat în subteran şi uzine de preparare, inclusiv studii de medicină minieră pentru prevenirea şi combaterea îmbolnăvirii profesionale • tehnologii de preparare a substanţelor minerale utile şi de prelucrare prin procedee neconvenţionale a minereurilor şi produselor polimetalice sărace sau reziduale în condiţii de laborator, micropilot, pilot, semiindustrial şi industrial • sinteze şi experimentări de noi reactivi pentru prelucrare prin flotaţie şi procedee neconvenţionale a substanţelor minerale utile • documentaţii pentru utilaje, mecanizare şi automatizare a proceselor tehnologice din subteran şi uzine de preparare • protecţia mediului înconjurător, depoluarea apelor de mină şi reziduale de la uzinele de preparare • analize economice, optimizări ale proceselor de producţie, organizarea ştiinţifică a producţiei şi a muncii, ergonomie şi psihosociologia muncii, prognoze ale dezvoltării ştiinţei şi tehnicii în domeniul extracţiei şi prelucrării minereurilor neferoase • documentaţii tehnico-economice de investiţii pentru obiective miniere şi de preparare.

MAI EXECUTA SI OFERA:

• analize chimice şi fizice prin metode spectrale, fotometrice ş.a., analize şi studii mineralogice, analize de uleiuri şi reactivi • lucrări cu izotopi radioactivi • prototipuri de mică serie şi unicate ale unor utilaje şi aparate pentru minerit şi preparare.

ACORDA ASISTENTA TEHNICA

pentru îmbunătăţirea fluxurilor tehnologice, modernizarea instalaţiilor în subteran şi uzine de preparare, valorificarea în producţie a cercetărilor încheiate şi la punerea în funcţiune a obiectivelor economice proiectate în cadrul institutului.

**ICITPMN**

E 1445

# MINE PETROL GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA • Vol. 40, noiembrie 1989

11

# ICITPMH

INSTITUTUL DE CERCETARI, INGINERIE TEHNOLOGICA SI PROIECTARI MINIERE PENTRU HUILA PETROSANI EFECTUEAZA:

- cercetări privind exploatarea, prepararea şi industrializarea cărbunelui;
- proiecte tehnologice şi documentaţii tehnico-economice pentru obiective de investiţii privind exploatarea, prepararea şi industrializarea cărbunelui, dezvoltarea unităţilor de fabricare şi reparaţii ale utilajelor miniere;
- cercetări şi proiecte privind mecanizarea şi automatizarea minelor, modernizarea şi asimilarea utilajelor specifice industriei cărbunelui;
- colaborări cu uzine constructoare de maşini din ţară si străinătate privind adaptarea utilajului minier la condiţiile specifice din Valea Jiului;
- cercetări şi proiectări privind cooperarea externă în domeniul extracţiei şi preparării cărbunelui.

ICITPMH Petroşani, str. Mihai Viteazu nr. 3, cod 2675, judeţul Hunedoara.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

Nr. 11 1989


OBSZÁGOS MŰSZAKI INFO...

## CUPRINS


*Borcean, Gh., Petrescu, O.* **Noi direcţii de acţiune pentru modernizarea dotării tehnice existente, îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru şi proiectarea de noi utilaje destinate carierelor de lignit de mare capacitate din România** 513

*Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C.* **Studiu privind stabilitatea funcţională şi capacitatea portantă a susţinerilor inelare din bolţari** 522

*Constantinescu, I.* **Şocuri şi vibraţii în cazul maşinilor şi instalaţiilor miniere** 526

*Boia, C.* **Factorii de influenţă în procesul de ardere a substanţelor solide combustibile** 529

*Pavel, A.* **Unele probleme privind securitatea tehnică a recipientelor-butelii industriale pentru gaze comprimate** 534

*Dorobanţu, N.* **Varianta optimă de consolidare a conductei pentru transport ţiţei fără întreruperea pompării** 545

*Cristescu, M., Iancu, D.* **Variante de calcul al diagramelor teoretice etalon şi posibilităţi de interpretare a diagramelor reale de dinamometrare** 551

*Preda, I., Ţilimpea, S., Pană, I.* **Cercetări teoretice şi experimentale privind stabilitatea presiunii optime pentru mandrinarea hidraulică a ţevilor în plăci tubulare** 558



### COLEGIUL DE REDACŢIE

*Preşedinte:* ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, *redactor.*


## REZUMATE


C.Z. 622.271.3 : 622.012

Borcean, Gh., Petrescu, O. *Noi direcţii de acţiune pentru modernizarea dotării tehnice existente, îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru şi proiectarea de noi utilaje destinate carierelor de lignit de mare capacitate din România,*

În contextul asigurării, în continuare, a bazei de materii prime energetice, în special a cărbunelui extras din cariere, autorul recomandă modernizarea dotării tehnice existente, îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru şi proiectarea şi asimilarea de noi utilaje. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.28.4

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studiu privind stabilitatea funcţională şi capacitatea portantă a susţinerilor inelare din bolţari*

Faţă de datele literaturii de specialitate, autorii aduc unele completări în problema respectivă, ţinînd cont de influenţa grosimii radiale a zidăriei (înălţimea bolţarilor) asupra valorilor eforturilor secţionale, valori care diferă destul de mult faţă de situaţia ideală.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.673 : 620.19

Constantinescu, I. *Şocuri şi vibraţii în cazul maşinilor şi instalaţiilor miniere*

Sînt analizate fenomenele dinamice care au loc la pornirea unei instalaţii de extracţie, şocul care apare în mecanismul cu clicheţi al unui troliu, ca urmare a întreruperii cuplului motor în tamburul de acţionare, precum şi oscilaţiile libere care au loc în cazul sistemului de frînare cu comandă pneumatică a unei instalaţii de extracţie. Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 669.6

Boia, C. *Factorii de influenţă în procesul de ardere a substanţelor solide combustibile*

Sînt analizaţi, detaliat, factorii care influenţează temperatura de ardere a unui combustibil solid, analiză efectuată pe baza bilanţului termic. Analiza unui combustibil prin funcţia factorilor de influenţă este utilă la proiectarea utilajelor de ardere şi prepararea combustibilului înaintea arderii, precum şi la stabilirea cauzelor care determină o funcţionare normală a unei instalaţii de ardere.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989,

C.Z. 622.692

Pavel, A. *Unele probleme privind securitatea tehnică a recipientelor-butelii industriale pentru gaze comprimate*

Se expun cîteva dintre problemele, actuale pe plan internaţional, referitoare la recipientele-butelii pentru gaze comprimate, cu aplicaţie nemijlocită la buteliile de oxigen şi, respectiv, metan. Se analizează două incidente care au implicat explozii de butelii, în anexă exemplificîndu-se evaluarea corectă şi riguroasă a coeficienţilor de siguranţă corespunzători.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.692

Dorobanţu, N. *Varianta optimă de consolidare a conductei pentru transport ţiţei fără întreruperea pompării*

În vederea evitării consecinţelor ruperii unei conducte pentru transportul ţiţeiului, autorul propune proiectarea şi executarea unui dig de reţenţie a ţiţeiului care s-ar putea scurge şi consolidarea terenului de-a lungul traseului conductei, analizînd patru variante.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.276.53(084)

Cristescu, M., Iancu, D. *Variante de calcul al diagramelor teoretice etalon şi posibilităţi de interpretare a diagramelor reale de dinamometrare*

Autorii prezintă procedeele de determinare a sarcinilor în prăjina lustruită în timpul unui ciclu de pompare, pentru construirea diagramelor teoretice etalon de pompare care ajută la interpretarea diagramelor reale dinamometrice. De asemenea, se arată importanta interpretării acestor diagrame reale în şantier, pentru stabilirea corectă a parametrilor regimului de lucru al sondelor în pompaj cu prăjini prin prezentarea unei analize a diagramelor reale dinamometrice.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.24.05(001.5)

Preda, I., Ţilimpea, S., Pană, I. *Cercetări teoretice şi experimentale privind stabilirea presiunii optime pentru mandrinarea hidraulică a ţevilor în plăci tubulare*

Determinarea presiunii optime pentru realizarea operaţiei de mandrinare se face în urma aprecierii strîngerii remanente între ţeavă şi placă. Se utilizează două căi : teoria tuburilor cu pereţi groşi şi metoda elementului finit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

# CONTENTS

C.Z. 622.271.3 : 622.012

Borcean, Gh., Petrescu, O. *New tendencies in the modernization of the existing technical endowment, the improvement of working technology and the projection of new equipment designed for high capacity lignite open-pit mines in Romania*

In the context of ensuring the source of energetic raw materials especially that of coal mined in open-pit mines, the author recommends the modernization of the existing technical endowment, the improvement of working technologies and the projection and assimilation of new equipment.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.28.4

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *A study concerning the functional stability and carrying capacity of metal ring linings*

The authors complete the existing data concerning this problem, taking into account the influence of the radial thickness of the masonry (bolt highness) on the values of the sectional efforts, values which differ quite a lot from the ideal situation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.673 : 620.19

Constantinescu, I. *Shocks and vibrations occuring with mining machines and installations*

The dynamic phenomena which take place when an extraction installation analysed : the shock which appears in the safety device of winches, as a result of breaking the engine coupling in the drive systems, as well as the free oscillations which appear with the pneumatic system of an instalation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 669.6

Boia, C. *Influential factors in the process of combustion of solid combustible matters*

The factors which influence the combustion temperature of a solid combustible matter are analysed, the analysis being made on the basis of the thermic balance. The analysis of a combustible matter by the function of the influential factors is very useful in the designing of combusting equipment and the preparing of the combustible matter before the combustion, as well as in the determination of the causes which lead to a normal functioning of a combusting installation.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.692

Pavel, A. *Certain problems concerning the technical security of industrial cylinder vessels for compressed gases*

Some of the problems, very important world-wide presently, referring to cylinder vessels for compressed gases are presented, with direct application to oxygen and methane cylinders, respectively. Two incidents are analysed, which implied explosions of the cylinders ; the correct and accurate evaluation of the adequate coefficients is exemplified in the annex.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.692

Dorobanţu, N. *The optimum variant of reinforcement of the oil transmission line without interrupting the injection*

In order to avoid the consequences of the rupture of an oil transmission line, the author suggests the projection and execution of a retaining dike for the oil that might flow and the reinforcement of the soil along the line, analysing four variants.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.276.53(084)

Cristescu, M., Iancu, D. *Calculus variations of standard theoretical diagrams and possibilities for the interpretation of real dynamometric diagrams*

The authors present some methods for the determination of stresses in the polished rod during a pumping cycle, in order to make up pumping standard theoretical diagrams which contribute to the interpretation of real dynamometric diagrams. They also present the importance of the interpretation of these real diagrams on a site, for the correct determination of parameters concerning the wells by pointing out to an analysis of the real dynamometric diagrams.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

C.Z. 622.24.05(001.5)

Preda, I., Ţilimpea, S., Pană, I. *Theoretical and experimental research concerning the optimum pressure for the hydraulic joining of pipes in tubular plates*

The determination of the optimum pressure for the joining operation is made as a result of the evaluation of the remanent compression between the pipe and the plate. Two methods are used : the thick-wall tubes theory and the finite element method.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

# СОДЕРЖАНИЕ

УДК 622.271.3: 622.012

Борчан, Г., Петреску, О. *Новые направления для модернизации действующей техники, усовершенствования технологий работы и проектирования нового оборудования, назначенного для лигнитных карьеров большой мощности в Румынии*

В рамках обеспечения сырьевой энергетической базы, в основном добываемого в карьерах угля, автор предлагает модернизацию действующей техники, усовершенствование технологий работы и проектирование и освоение нового оборудования.

Ключевые слова: модернизация, технология, карьер, лигнит, проектирование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

УДК 622.28.4

Петреску, Г., Илинчою, Д., Пэсэрин, К. *Изучение функциональной стабильности и несущей способности кольцевых крепей из кирпичей*

По сравнению с литературными данными, авторы приносят некоторые дополнения в зависимости от влияния радиальной толщины стенок кирпичей на величины секционных усилий с большой разницой в отношении к идеальной обстановке.

Ключевые слова: изучение, стабильность, несущая способность, крепь, усилие, влияние.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

УДК 622.673: 620.19

Константинеску, И. *Удары и вибрации в случае горных машин и установок*

Рассмотрены динамические явления при пуске подъёмной установки, удар которой возникает в механизме с хроповиком лебёдки, в результате отклонения движущей муфты приводного барабана, а также свободные вибрации, возникающие при торможении пневматическим управлением подъёмной установкой.

Ключевые слова: горные машины, удары, вибрации, управление.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

УДК 669.6

Боя, К. *Влияющие факторы в процессе сжигания твёрдого топлива*

Детально анализированы влияющие факторы на температуру сжигания твёрдого топлива, на основе термического баланса. Этот анализ полезен для проектирования оборудования сжигания и обогащения топлива до сжигания, а также для установления причин, определяющих нормальную работу установки сжигания.

Ключевые слова: факторы, сжигание, установка, топливо, проектирование, работа.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

УДК 622.692

Павел, А. *Некоторые вопросы технической безопасности промышленных резервуаров-баллонов для сжатых газов*

Представлено несколько вопросов, действующих на мировом плане, о резервуарах-баллонах для сжатых газов с прямым применением для кислородных баллонов и, соответственно, метана. Анализированы два случая, приходящих к взрыву баллонов; в приложении даны примеры для правильной и точной оценки соответствующих коэффициентов безопасности.

Ключевые слова: техническая безопасность, резервуары, сжатые газы, кислород, метан, пример.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

УДК 622.692

Доробанцу, Н. *Оптимальный вариант уплотнения нефтяного провода без сокращения нагнетания*

В виду избежения последствия срыва нефтяного провода, автор предлагает проектирование и осуществление нефтеудерживающей дамбы и укрепление заны вдоль провода, анализируя четыре варианта.

Ключевые слова: вариант, укрепление, нефть, провод, проектирование.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

УДК 622.276.53(084)

Кристеску, М., Янку, Д. *Расчётные варианты эталонных теоретических схем и возможности интерпретации действующих динамометрических схем*

Авторы представляют способы определения напряжений в полированной штанге при насосном цикле для построения эталонных теоретических схем, помогающих интерпретации фактических схем на стройке, а также значение их интерпретации в виду правильного установления параметров режима работы скважин с штангами, представлением анализа фактических динамометрических схем.

Ключевые слова: вариант, схема, напряжение, эталон, интерпретация.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

УДК 622.24.05 (001.5)

Преда, И., Цилимпя, С., Панэ, И. *Теоретические и экспериментальные исследования для установления оптимального давлеим для гидравлической развальцовки труб в трубных досках*

Определение оптимального давления для осуществления развальцовки осуществляется оцениванием остаточного сжима между трубой и доской. Использованы два пути: теория труб с толстыми стенками и метод бесконечного элемента.

Ключевые слова: исследование, оптимальное давление, развальцовка, труб, сжим.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

# INHALT

C.Z. 622.271.3 : 622.012

Borcean, Gh., Petrescu, O. *Neue Aktionscrichtungen bei der Modernisierung der vorhandenen technischen Ausstattung, bei der Verbesserung der Arbeitstechnologien und bei der Projektierung von neuen Ausrüstungen für die Braunkohlentagebaue grosser Kapazität*

Zwecks der Weitersicherung der energetischen Rohstoffbasis und, insbesondere, der im Tagebau geförderten Kohle, empfehlen die Verfasser die Modernisierung der vorhandenen technischen Ausstattung, die Verbesserung der Arbeitstechnologie und die Projektierung und Einführung von neuen Ausrüstungen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.28.4

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studium über die Funktionsstabilität und Tragfähigkeit der Ringausbaue mit Gewölbesteinen*

Gegenüber den Angaben der Fachliteratur, ergänzen die Verfasser die Problematik mit Berücksichtigung des Einflüsses der Radialstärke des Mauerwerkes (Höhe der Gewölbesteine) auf die Werte der Sektionsspannungen, welche Werte wesentlich von der Idealsituation abweichen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.673 : 620.19

Constantinescu, I. *Stösse und Vibrationen bei den Bergbaumaschinen und -anlagen*

Überprüft werden die dynamischen Erscheinungen, welche bei dem Anlass einer Fördermaschine eintreten, der Stoss, welcher als Folge der Unterbrechung des Motordrehmomentes in der Antriebstrommel bei dem Klinkenmechanismus einer Winde eintritt, sowie die freie Schwankungen, welche bei dem Bremssystem mit Druckluftsteuerung einer Fördermaschine erzeugt werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 669.6

Boia, C. *Einflussfaktoren in dem Brennprozess der festen Brennstoffe*

Überprüft werden, ausführlich, die Faktoren welche die Brenntemperatur eines festen Brennstoffes beeinflüssen. Die Überprüfung erfolgt auf Grundlage der Wärmebilanz. Die Überprüfung der Brennstoffe durch die Einflussfaktoren ist bei der Projektierung der Brennanlagen und Vorbereitung der Stoffe für die Brennung, sowie nei der Festlegung der Bedingungen für den normalen Betrieb einer Brennanlage, behilflich.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.692

Pavel, A. *Einige Probleme betreffend die technische Sicherheit der industriellen Behälterflaschen für komprimierte Gase*

Vorgestellt werden einige der auf weltweten Ebene aktuellsten Probleme betreffend die Behälterflaschen für komprimierte Gase, mit unmittelbarer Anwendung an die Sauerstoff — und, bzw. Methanflaschen. Überprüft werden zwei Fälle von Flaschenexplosionen und in der Beilage werden für die richtige und präzise Auswertung der entsprechenden Sicherheitsfaktoren Beispiele gegeben.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.692

Dorobanţu, N. *Die optimale Variante für die Konsolidierung der Erdölförderleitung ohne Unterbrechung des Pumpens*

Zwecks der Vermeidung der Folgen des Erdölför derleitungsbruches, schlägt der Verfasser die Projektierung und Ausführung eines Staudammes für den eventuell auslaufenden

Erpöl und die Konsolidierung des Bodens entlang des Förderleitungsweges, vor,wobei vier Varianten überprüft werden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.276.53(084)

Cristescu, M., Iancu, D. *Rechnungsvarianten der theoretischen Etalon — Diagramme und Auswertungsmöglichkeiten der dynamometrischen tatsächlichen Diagramme*

Die Verfasser stellen Ermittlungsverfahren der Belastungen in der polierten Bohrstange während eines Pumpenzykels, für die Erzeugung der theoretischen Etalon — Pumpendiagramme vor, welche zur Auswertung der dynamometrischen tatsächlichen Diagramme benutzt werden. Ebenfalls, wird die Wichtigkeit der Auswertung dieser tatsächlichen Diagramme auf der Baustelle, für die richtige Festlegung der Betriebsparameter der Pumpsonden mit Bohrstangen, durch die Vorstellung einer Analyse der dynamometrischen tatsächlichen Diagramme unterstrichen.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.24.05(001.5)

Preda, I., Tilimpea, S., Pană, I. *Theoretische und experimentelle Forschungen betreffend die Bestimmung des optimalen Drucks für das hydraulische Einwalzen der Rohrenden in Rohrwänden*

Die Bestimmung des optimalen Drucks zur Durchführung des Einwalzens erfolgt nach der Feststellung der rückständigen Anspannung zwischen dem Rohr und der Platte. Zwei Wege werden benutzt : die Theorie der Dickwandröhre und die Methode des Finitelements.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

## SOMMAIRE

C.Z. 622.271.3 : 622.012

Borcean, Gh., Petrescu, O. *Nouvelles directions d'actionnement en vue de la modernisation de la dotation technique actuelle, de l'amélioration des technologies de travail et la projection de nouveaux outillages destinés aux carrières de lignite de grande capacité de Roumanie*

Dans le contexte de l'assurance permanente de la base de matières premières, énergétique, premièrement du charbon extrait en carrières, l'auteur recommande la modernisation de la dotation technique existente, de l'amélioration des technologies de travail et de la projection et assimilation de nouveaux outillages.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.284

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Etude concernant la stabilité fonctionnelle et la capacité portante des soutènements en anne aux et en blocss de béton*

Les auteurs apportent quelques complètements aux données de la litérature de spécialité, tenant compte de l'influence de l'épaisseur radiale de la maçonnerie (l'hauteur des blocs de béton) sur les valeurs des efforts séctionels, valeurs qui sont très différentes comparativement avec la situation idéale.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.673 : 620.19

Constantinescu, I. *Choques et vibrations dans le cas des machines et des installations minières*

On analyse les phénomènes dynamiques qui ont lieu pendant le démarrage d'une installation d'extraction, le choque qui apparaisse dans le mécanisme à cliquets d'un treuil, à la suit de l'interruption du couple moteur dans le tambour d'actionnement, de même que les oscillations libres qui ont lieu dans le cas du système de freinage à commande pneumatique d'une installation d'extraction.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 669.6

Boia, C. *Facteurs d'influence dans le processus de combustion des substances solides combustibles*

On analyse, en détail, les facteurs qui influencent la température de combustion d'un combustible solide, analyse éffectuée en base du bilan thérmique. L'analyse d'un combustible par la fonction des facteurs d'influence est utile à la projéction des outillages de combustion et à la préparation du combustible avant la combustion, de même qu'à l'établissement des causes qui déterminent un fonctionnement normale d'une installation de combustion.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.692

Pavel, A. *Quelques problèmes concernant la sécurité technique des récipients-bouteilles industriels pour des gas comprimés*

On expose quelques problèmes actuels sur plan mondial concernant les récipients-bouteilles pour des gas comprimés, avec application dirècte aux bouteilles d'oxygène et, réspectivement, de méthane. On analyse deux incidents qui ont impliqué des explosion des bouteilles, en exemplifiant dans l'annèxe l'évaluation corrècte et rigureuse des coéfficients de sûreté correspondants.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.692

Dorobanţu, N. *La variante optimale de consolidation du tuyau pour le transport de l'huile sans l'arrêt du pompage*

En vue de l'évitation des conséquances de la rupture d'un tuyau pour le transport de l'huile, l'auteur propose la projéction et l'execution d'un digue de rétention de l'huile qui pourrait s'écouler et la consolidation du terrain le long du tracé du tuyau, en analysant deux variantes.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.276.53(084)

Cristescu, M., Iancu, D. *Variantes de calcul des diagrammes théoriques étalon et possibilités d'interprétation des diagrammes réelles de dynamométrie*

Les auteurs présentent des procédés de determination des charges dans la tige polie pendant un cycle de pompage, pour la construction des diagrammes théoriques étalon de pompage qui servent à l'interpretation des diagrammes réelles dynamométriques dans des conditions de chantier, pour l'établissement correcte des paramètres du régime de travail des puits en pompage avec des tiges par la présentation d'une analyse des diagrammes réelles dynamométriques.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

C.Z. 622.24.05(001.5)

Preda, I., Tilimpea, S., Pană, I. *Recherches théoriques et experimentales concernant l'établissement de la préssion optimale pour le mandrinnage hydraulique des tuyaux en plaques tubulaires*

La détermination de la préssion optimale pour la réalisation de l'opération de mandrinnage est faite à la suite de l'appréciation du serrage rémanent entre le tuyau et la plaque. On utilise deux moyens : la théorie des tuyaux avec des parois épais et la méthode de l'élément finit.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 11, 1989

---

# Noi direcţii de acţiune pentru modernizarea dotării tehnice existente, îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru şi proiectarea de noi utilaje destinate carierelor de lignit de mare capacitate din România

Ing. **Gh. Borcean**
Întreprinderea minieră Horezu

Ing. **O. Petrescu**
I.C.S.I.T.U.M.M.R. Timişoara

## I. Consideraţii privind problema energiei

Asigurarea cu resurse energetice este una dintre problemele cele mai complicate cu care se confruntă omenirea.

Necesarul de energie, deci de materii prime energetice sau purtători de energie, cum se mai numesc, a fost şi este în continuă creştere.

În prezent cărbunele reprezintă o substanţă minerală utilă dintre cele mai solicitate. Din cărbune se utilizează — în principal — energia conţinută şi determinată prin puterea sa calorică, măsurată, de regulă, în kcal/kg, dar, mai corect, în kJ/kg, conform sistemului internaţional.

Este cunoscut faptul că industrializarea în lume s-a bazat foarte mulţi ani pe cărbune. După descoperirea unor mari rezerve de petrol, cărbunele a fost concurat puternic prin preţul scăzut al noii resurse energetice. De asemenea, exista speranţa participării unor noi rezerve energetice care veneau din urmă (energia atomică, şisturile bituminoase, surse neconvenţionale etc.), dar care nu au rezolvat încă problema globală energetică în lume.

Despre cărbune, care reprezintă o sursă energetică importantă, se poate vorbi de o abundenţă a lui, iar rezervele mondiale, fiind apreciate la circa 10 000 miliarde tone, ar permite creşterea substanţială a producţiei mondiale, care în prezent este de circa 3 miliarde tone anual.

Se apreciază că în viitor, prin evoluţia tehnicii de extragere, resursele existente ar putea fi exploatate circa 300 de ani în mod economic, motiv pentru care în momentul de faţă — în lume — se constată tendinţa de a dezvolta producţia de cărbune, chiar dacă nu sînt creşteri spectaculoase, datorită dificultăţilor privind asigurarea forţei de muncă, realizarea unui volum mare de investiţii şi amplificarea transportului terestru şi maritim.

În concluzie, rezultă că omenirea are soluţii pentru a rezolva problemele consumului energetic în continuă creştere.

## II. Dezvoltarea industriei carbonifere în România

În acest context mondial, apare cu atît mai pregnant în evidenţă justeţea politicii promovate în ţara noastră, după Congresul al IX-lea al Partidului Comunist Român din anul 1965, prin stabilirea de măsuri ferme pentru creşterea producţiei de cărbune, înaintea apariţiei crizei energetice în lume.

Evoluţia ulterioară a fenomenului a confirmat pe deplin măsurile adoptate de România.

Faţă de anul 1965, în anul 1988, producţia de lignit şi cărbune brun a crescut de 8,8 ori. Acest lucru a fost posibil, în principal, prin dezvoltarea prioritară a activităţii în exploatările miniere la zi şi, în primul rînd, în carierele de mare capacitate pentru extracţia lignitului.

Astfel, în anul 1967 a intrat în funcţiune, în bazinul minier Rovinari, cariera Cicani, în anul 1969 carierele Beterega, Gîrla şi Tismana, dotate cu linii tehnologice de mare capacitate, începîndu-se o activitate nouă, de înaltă tehnicitate în minerit, aceasta fiind practic singura soluţie care a asigurat ritmurile înalte de creştere a producţiei de cărbune.

În prezent sînt deschise cariere de mare capacitate în bazinele miniere Rovinari, Motru, Vîlcea, Mehedinţi şi Covasna, dotate cu excavatoare cu rotor port-cupe, maşini de haldat şi transportoare de mare capacitate.

La nivelul anului 1988, ponderea producţiei extrase din carieră a reprezentat 72% din volumul total al producţiei de lignit şi cărbune brun, faţă de numai 16% în anul 1965.

## III. Direcţii pentru continuarea acţiunilor de modernizare a utilajelor tehnologice din carierele de lignit, îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru şi asimilarea de noi utilaje

În etapa actuală de dezvoltare a economiei naţionale, preponderent intensivă, înfăptuirea programelor de perfecţionare a organizării şi modernizarea proceselor tehnologice au permanent în centrul atenţiei creşterea eficienţei economice, reducerea continuă a consumurilor de materiale şi energie, în condiţiile menţinerii sau chiar îmbunătăţirii parametrilor tehnico-funcţionali ai utilajelor.

Actualul ritm ridicat al înnoirilor, înregistrat — practic — în toată economia naţională, este avut în vedere şi la carierele de lignit de mare capacitate din ţara noastră, lucru ce se obţine — în principal — prin intensificarea în continuare a acţiunilor pentru:

— modernizarea dotării tehnice existente;

— îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru;
— proiectarea şi asimilarea de noi utilaje.

Aceasta cu atît mai mult, cu cît şi în viitor dezvoltarea producţiei de lignit este orientată — în continuare — pe extragerea din cariere. În următorii ani este prevăzut, conform documentaţiilor existente, să fie pus în funcţiune un mare număr de noi linii tehnologice de extracţie-transport-haldare.

De asemenea, datorită îndeplinirii duratei de serviciu, va fi necesar ca pe liniile tehnologice existente să fie introduse noi utilaje, în principal excavatoare cu rotor. Excavatoarele cu durata de serviciu expirată, care mai corespund din punct de vedere tehnic, vor putea fi modernizate în paralel cu executarea reparaţiilor capitale.

*Modernizarea dotării tehnice existente*

Excavatoarele cu rotor, tipurile 2 000, 1 400, şi 1 300, existente în dotarea carierelor (fig. 1, 3 şi 5), sînt construite cu şase, cinci şi patru benzi. La aceste tipuri modernizarea trebuie să vizeze, în principal, sistemul de benzi.

Ţinînd seama de experienţa acumulată, de noile tipuri de excavatoare cu rotor realizate, precum şi de literatura de specialitate, rezultă că excavatoarele aflate în dotare trebuie să fie echipate numai cu două benzi (fig. 2, 4 şi 6).

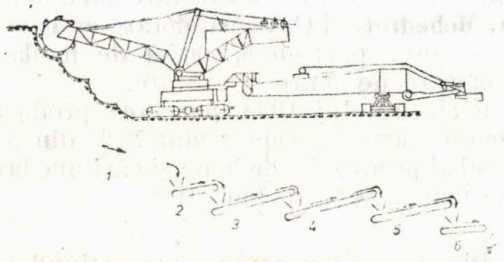


Fig. 1. Excavatorul SRs 2000 30/7 cu şase benzi transportoare.

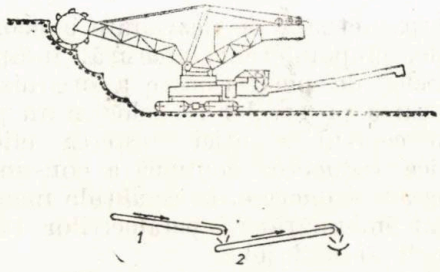


Fig. 2. Excavatorul SRs 2000 30/7 cu două benzi transportoare.

La excavatoarele cu rotor existente, acest lucru se poate realiza cu ocazia reparaţiilor capitale, prevăzute în normative, iar pentru dotările viitoare — prin construcţia directă a

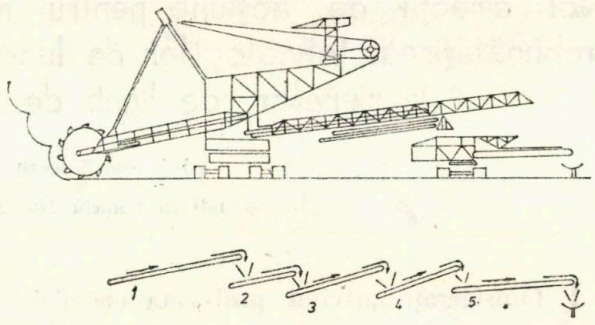


Fig. 3. Excavatorul SchRs 1400 30/7 cu cinci benzi transportoare.

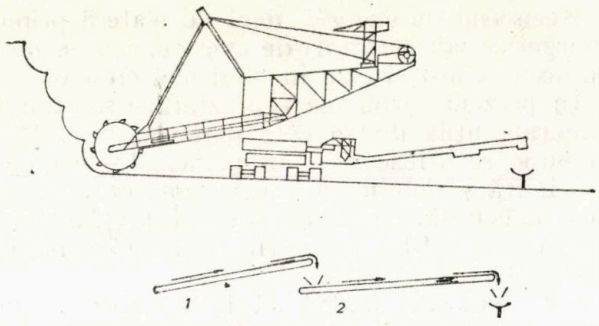


Fig. 4. Excavatorul SchRs 1400 30/7 cu două benzi transportoare.

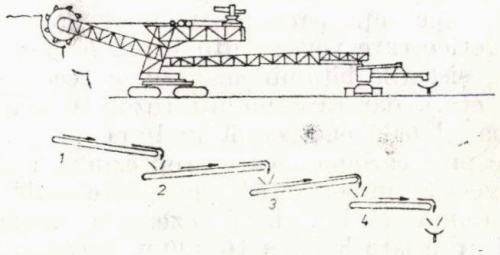


Fig. 5. Excavatorul SRs 1300 26/35 cu patru benzi transportoare.

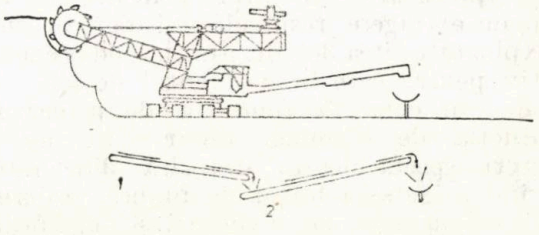


Fig. 6. Excavatorul SRs 1300 26/35 cu două benzi transportoare.

excavatorului tip 1 400, existent în fabricaţie curentă.

Acest lucru este posibil cu atît mai mult, cu cît echilibrarea utilajului la toate cele trei tipuri menţionate se face — în principal — între rotor şi contragreutate, deci independent de sistemul de benzi, care este susţinut de un cărucior cu şenile.

Principalele d e z a v a n t a j e ale excavatoarelor cu benzi multiple sînt:

— gradul mare de complexitate;

— gabaritele foarte mari;

— spațiile mari necesare pentru manevre la schimbarea fronturilor de lucru, virări etc., ce se realizează cu durate mari de timp.

A v a n t a j e l e excavatoarelor cu două benzi constau — în principal — în:

— reducerea greutății cu 150—300 t, funcție de tipul excavatorului, prin eliminarea unui număr de patru, trei și două benzi și a căruciorului cu șenile pentru susținerea acestora;

— reducerea punctelor de deversare între benzile excavatorului de la cinci, patru și trei la un singur punct, deci reducerea posibilităților de aglomerare a materialului care necesită staționări mari, mai ales pe timp nefavorabil;

— posibilități de manevrare ușoară;

— reducerea consumului de energie electrică, prin eliminarea motoarelor de acționare a benzilor și a căruciorului cu șenile, deci simplificarea instalațiilor electrice și a surselor de defecțiuni;

— reducerea cantității necesare de covor din cauciuc, inclusiv a timpului de înlocuire și vulcanizare, care au o pondere destul de mare.

*Îmbunătățirea tehnologiilor de lucru*

Cu privire la îmbunătățirea, în continuare, a tehnologiilor de lucru din cariere, este necesar să se precizeze următoarele:

— multe dintre soluțiile studiate au fost aplicate cu bune rezultate, impunîndu-se generalizarea lor, respectiv prevederea acestor tehnologii îmbunătățite în proiectele tehnice viitoare;

— intensificarea acțiunilor pentru perfecționarea tehnologiilor de extracție în cariere impune continuarea modernizării utilajelor tehnologice existente și asimilarea unor noi utilaje cu performanțe și fiabilitate sporite;

— îmbunătățirea tehnologiilor actuale crește timpul de lucru al excavatoarelor, cu influență directă asupra folosirii capacităților de producție existente și viitoare.

Concret, îmbunătățirile tehnologice se referă la:

- reducerea timpului de staționare la riparea transportoarelor de front, la excavare și haldare;
- haldarea directă, în spațiul exploatat, la excavatoarele de pe ultima treaptă de lucru din cariere;
- introducerea de utilaje intermediare între excavatoare, mașini de haldat și transportoarele de front.

R e d u c e r e a t i m p u l u i d e s t a ț i o n a r e l a r i p a r e a t r a n s p o r t o a r e l o r d e f r o n t l a e x c a v a r e ș i h a l d a r e

Din analizele efectuate a rezultat că dintre mijloacele de transport care pot fi utilizate în cariere — autobasculante, vagoane, transportoare cu bandă — acestea din urmă sînt cele mai economice.

Staționările cauzate de transportoarele cu bandă constau, în principal, din:

— durata mare a timpului de ripare;

— ruperea covoarelor de cauciuc, respectiv durata mare de vulcanizare a benzilor.

Pentru reducerea cu minimum 50% a acestora se poate acționa astfel:

- folosirea benzilor de front cu lungimi optime, cuprinse între 700 și 1 000 m, în loc de 1 500—2 000 m;
- la lungimile respective se pot folosi, în locul covoarelor din cauciuc cu cord de oțel, covoare cu inserție textilă, mai puțin costisitoare și cu reducerea duratei de vulcanizare la jumătate;
- scurtarea duratei de ripare a benzii 1 și punerea în funcțiune a liniei tehnologice; banda 2 se poate ripa ulterior (fig. 7).

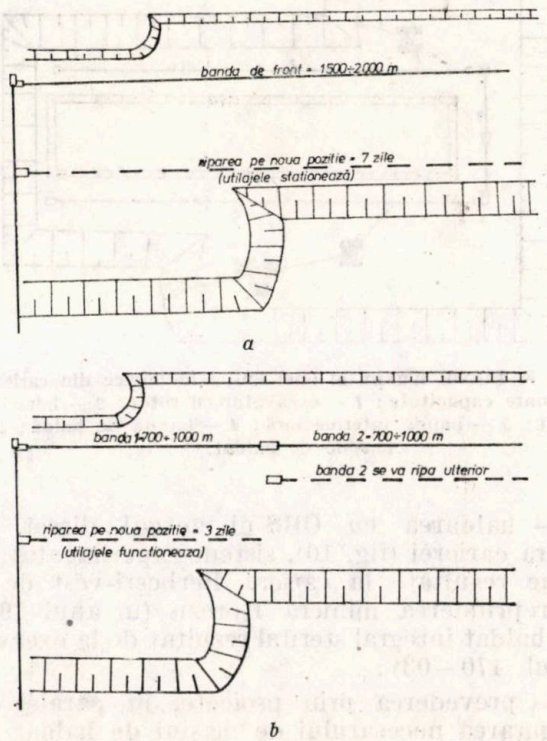



Fig. 7. Folosirea benzilor de front cu lungimi optime la excavare și haldare: *a* — varianta actuală; *b* — varianta propusă.

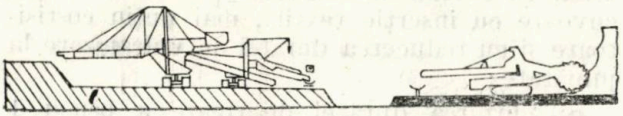
H a l d a r e a d i r e c t ă î n s p a ț i u l e x p l o a t a t, l a e x c a v a t o a r e l e d e p e u l t i m a t r e a p t ă d e l u c r u d i n c a r i e r e

În prezent, excavatoarele de pe ultima treaptă din cariere lucrează cu transportoare cu bandă, al căror număr în flux poate fi de minimum trei (fig. 8), extinzînd haldarea directă în spațiul exploatat.

Pentru soluționarea acestei probleme, funcție de particularitățile fiecărei cariere, se studiază

scheme de principiu, pentru proiectele de execuţie ale viitoarelor exploatări, sau de modernizare a celor existente, şi care constau din :

— generalizarea depunerii sterilului direct pe vatra carierei (fig. 9), folosindu-se maşini de haldat cu braţul de 120 sau 170 m, avînd în vedere rezultatele deosebite obţinute cu astfel de maşini în bazinul Rovinari ; la cariera Tismana II, de exemplu, s-au haldat pe acest sistem 5 mil.m³ în anul 1988, faţă de media de 3 mil.m³/an la excavatoarele tip 1 400 care lucrează cu transportoare cu bandă ;



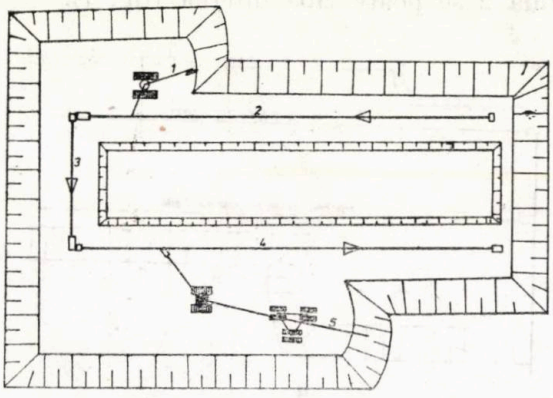


Fig. 8. Fluxul maxim al unei linii tehnologice din carierele de mare capacitate : *1* — excavator cu rotor ; *2* — bandă de front ; *3* — bandă intermediară ; *4* — bandă de haldă ; *5* — maşină de haldat.

— haldarea cu CBS-ul actual direct pe vatra carierei (fig. 10), sistem experimentat cu bune rezultate la cariera Berbeşti-vest de la Întreprinderea minieră Horezu (în anul 1988 s-a haldat integral sterilul rezultat de la excavatorul 470—03) ;

— prevederea prin proiecte, în paralel cu asigurarea necesarului de maşini de haldat cu lungimea braţului de 120 sau 170 m, a haldării directe cu maşinile actuale, între acestea şi excavator intercalîndu-se un CBS de tipul care se fabrică în prezent (fig. 11).

Totodată, se are în vedere ca în locul CBS-ului actual să se proiecteze un nou tip, cu braţele independente rotitoare, care s-ar putea folosi cu foarte bune rezultate atît pentru excavatoarele tip 470, cît şi pentru cele tip 1 400, în următoarele scheme tehnologice :

● haldare directă cu un CBS a intercalaţiilor de steril (fig. 12) ;

— haldare directă a cantităţilor de steril (fig. 13 şi 14), folosind două sau trei asemenea CBS-uri care ar putea înlocui, la carierele de steril bine asecat, maşinile de haldat cu lungimea braţului de 120 sau 170 m.

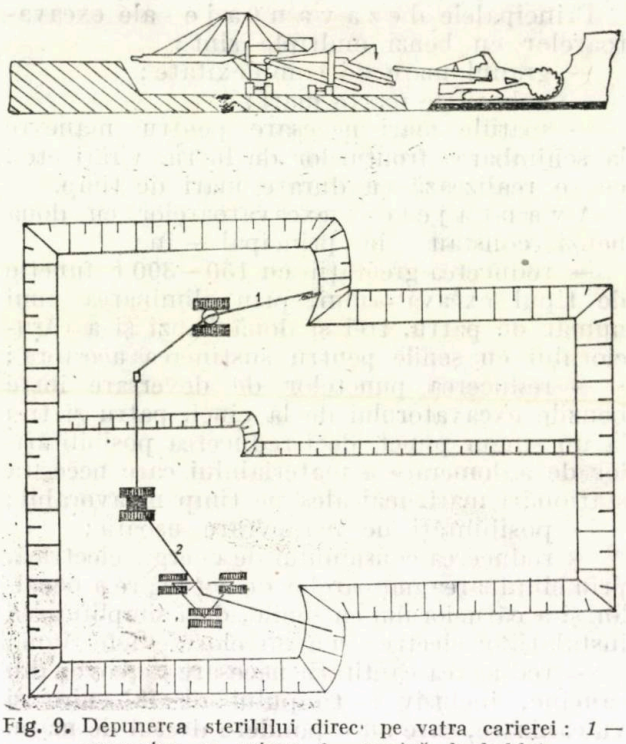


Fig. 9. Depunerea sterilului direct pe vatra carierei : *1* — excavator cu rotor ; *2* — maşină de haldat.

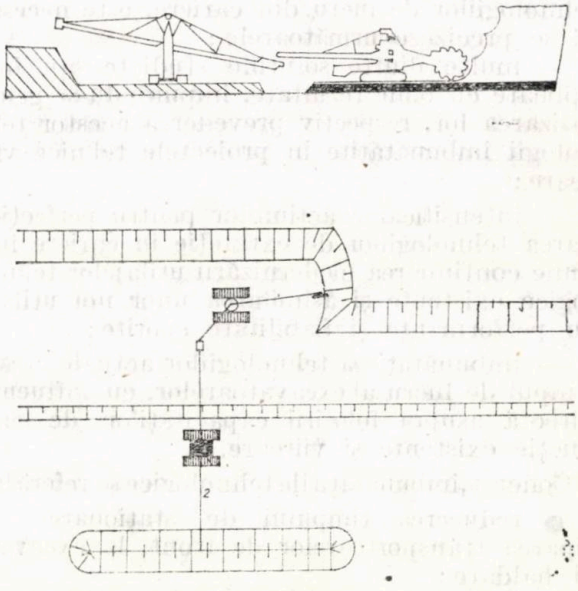


Fig. 10. Haldarea sterilului direct pe vatra carierei : *1* — excavator cu rotor ; *2* — CBS.

Introducerea de utilaje intermediare între excavatoarele cu rotor, maşinile de haldat şi transportoarele de front prezintă următoarele avantaje.

**1.** La excavatoarele cu rotor :

— se reduce numărul ripărilor cu circa 50% ;

— poate creşte înălţimea de excavare deasupra şi sub cota benzii cu circa 10 m, fapt ce face posibilă reducerea totală sau parţială în zonele colinare a excavaţiilor cu mijloace clasice şi transport auto, sistem mare consumator de motorină;

— se poate reduce numărul liniilor tehnologice (excavatoare şi benzi transportoare) la carierele cu înălţimi mari;

— se obţin economii de energie, în special la excavatoarele cu două benzi, deoarece intră în fluxul tehnologic numai la excavarea fişiilor trei şi patru.

**2.** La maşinile de haldat:

— se reduce numărul ripărilor cu 30%;

— creşte înălţimea treptelor de depunere, respectiv volumul de haldare.

Este de menţionat că tehnologiile de lucru sînt simple, fără a necesita amenajări speciale (fig. 15 şi 16).

*Proiectarea de noi utilaje tehnologice*

Excavatoare cu rotor în construcţie compactă

În acest domeniu, Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Utilaj

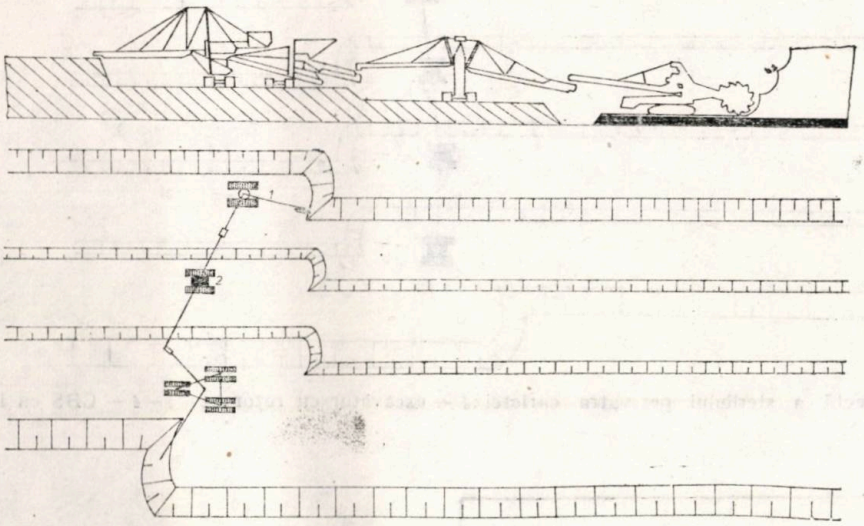


Fig. 11. Haldarea sterilului direct pe vatra carierei; *1* — excavator cu rotor; *2* — CBS; *3* — maşină de haldat.

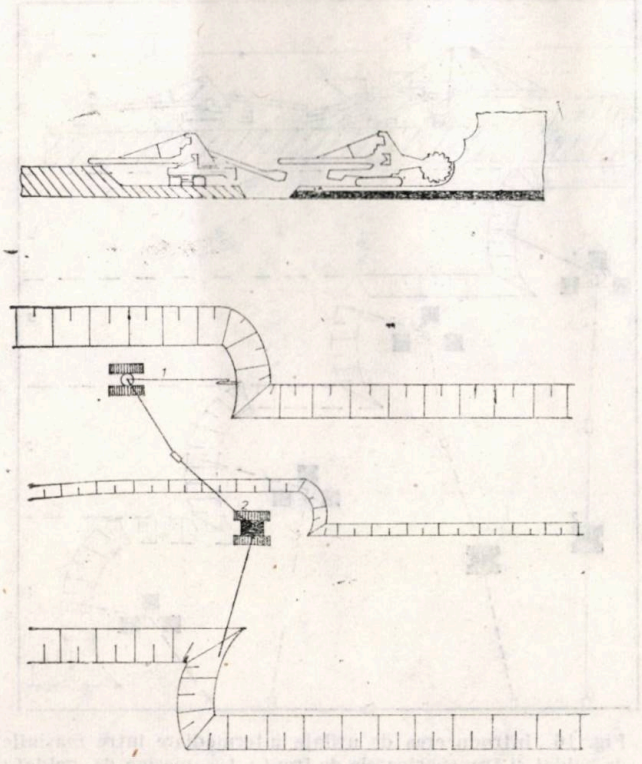


Fig. 12. Haldarea sterilului direct pe vatra carierei: *1* — excavator cu rotor; *2* — CBS cu braţe independente.

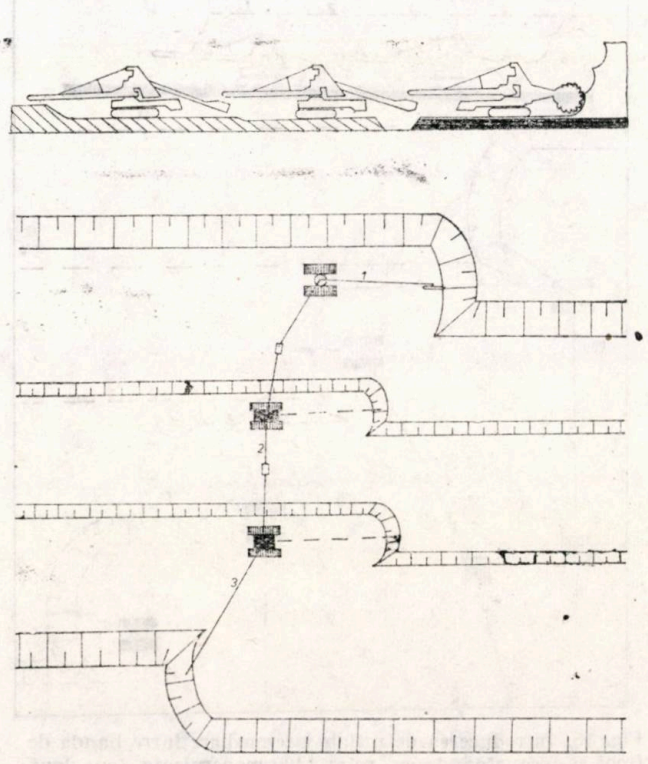


Fig. 13. Haldarea sterilului direct pe vatra carierei: *1* — excavator cu rotor; *2* şi *3* CBS cu braţe independente.

Minier și Mașini de Ridicat (I.C.S.I.T.U.M.M.R.) Timișoara a studiat problema înnoirii și lărgirii gamei excavatoarelor cu rotor pentru carierele de lignit de mare capacitate, care vor putea fi folosite cu bune rezultate și în alte ramuri de activitate.

De altfel, pe plan mondial există tendința de realizare a excavatoarelor cu rotor în construcție compactă, care prezintă avantaje net superioare față de excavatoarele de aceeași capacitate existente.

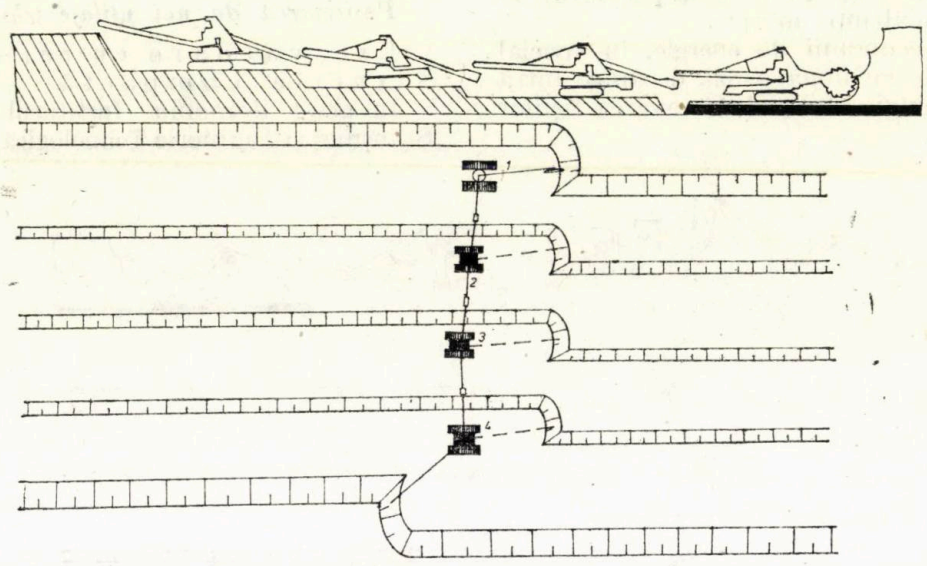


Fig. 14. Haldarea directă a sterilului pe vatra carierei: *1* — excavator cu rotor; *2—3—4* — CBS cu brațe independente.

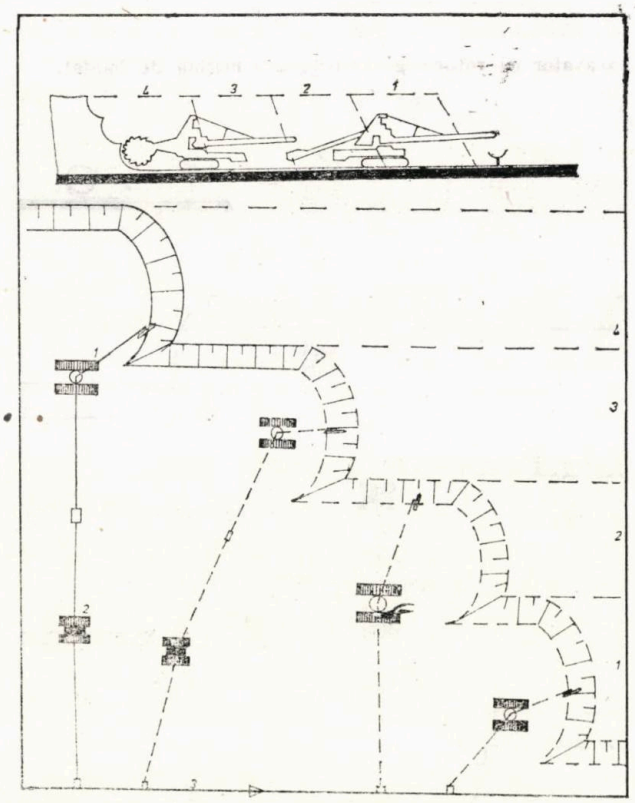


Fig. 15. Introducerea de utilaje intermediare între banda de front și excavatoarele cu rotor 1400 modernizate (cu două be z) 470 actuale și excavatoare compacte: *1* — excavatoare cu rotor; *2* — CBS (utilaj intermediar); *3* — banda de front.

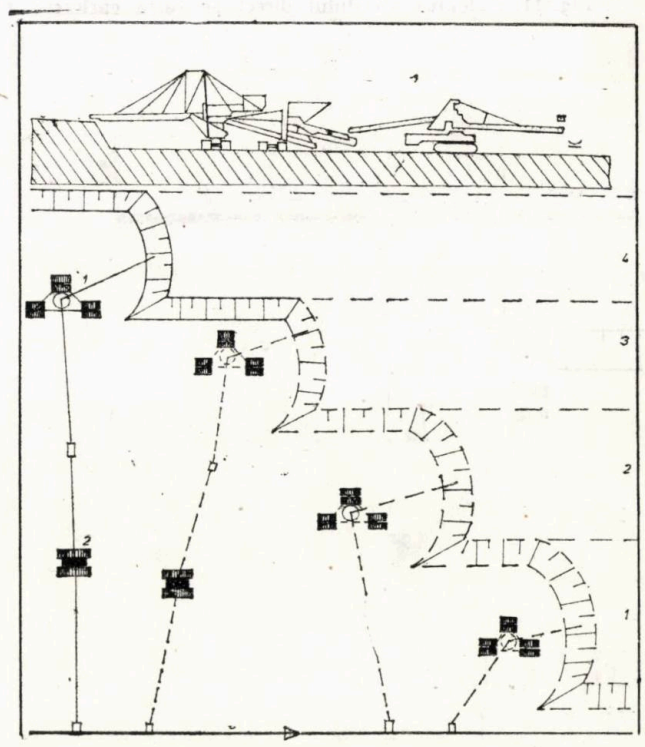


Fig. 16. Introducerea de utilaje intermediare între mașinile de haldat și transportoarele de front: *1* — mașina de haldat; *2* — utilaj intermediar; *3* — transportor de front.

Concret, se are în vedere realizarea următoarelor excavatoare cu rotor în construcţie compactă (fig. 17):

- excavatorul tip ESRc—130—9/0,5—în curs de omologare, care funcţionează cu bune rezultate de circa 2 ani în carierele de lignit şi în depozitele de cărbune;
- excavatorul tip ESRc — 230 — 11/0,8, proiectat, care va putea fi folosit în cariere şi în depozitele de cărbune, în aceleaşi condiţii,

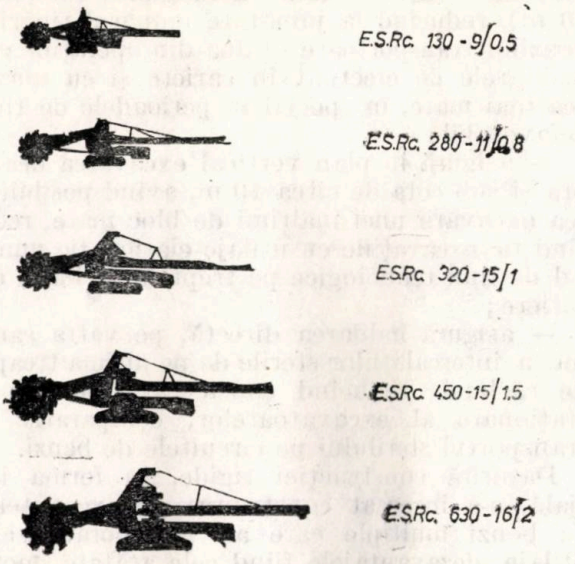



Fig. 17. Excavatoare cu rotor în construcţie compactă.

dar cu capacitate mai mare decît excavatorul tip 130, pentru excavare-încărcare în mijloace auto şi pe transportoarele cu bandă;

- excavatoarele tip ESRc — 320 — 15/1; ESRc — 450 — 15/1,5 şi ESRc — 630 — 16/2, care pot înlocui actualele excavatoare cu rotor de tipul ESRc — 470 — 15/3.

Excavatoarele cu rotor port-cupe, în construcţie compactă, cuprind subansamble mecanice, hidraulice, instalaţii electrice de supraveghere şi comandă, în soluţii moderne, cu o fiabilitate mare şi uşor de condus.

Pe rotor se poate monta un număr de cupe corespunzător rezistenţei la tăiere şi capacităţii de excavare. Articulaţiile subansamblelor componente sînt prevăzute cu rulmenţi, asigurîndu-se o mişcare uşoară. Construcţia metalică poate fi realizată din componente chesonate, asigurîndu-se astfel o bună rigidizare şi reducerea la minimum a vibraţiilor în timpul funcţionării.

De asemenea, a fost redusă greutatea utilajelor prin dublarea rolului funcţional al unor subansamble şi studierea detaliată a secţiunilor.

Descrierea acţionărilor

Rotorul va fi acţionat prin trei motoare hidraulice rapide şi trei reductoare planetare, dispuse în stea, care angrenează o coroană dinţată într-un reductor cilindric, fixat solidar cu arborele roţii port-cupe.

Generatorul hidraulic se compune dintr-un motor electric, o pompă echipată cu regulator de putere, rezervorul de ulei şi aparatajul necesar pentru siguranţă şi control.

Prin această soluţie se realizează, în mod automat, fie creşterea momentului activ, concomitent cu descreşterea turaţiei, fie creşterea turaţiei la limita reglată, concomitent cu descreşterea momentului de lucru al rotorului. Pentru a nu se depăşi momentul de rotire maxim reglat, se montează o supapă de siguranţă.

Rotirea braţului excavatorului se face cu un motor hidraulic alimentat de un circuit cu debit constant, care asigură o viteză variabilă în funcţie de necesităţi, avînd prevăzute limitatoare de decuplare în ambele sensuri.

Acţionarea mecanismului de deplasare se realizează cu două motoare hidraulice rapide, montate pe reductoarele planetare, care antrenează roţile stelate ale şenilelor. Motoarele se alimentează dintr-o pompă dublă, cu regulator de putere însumată, care are posibilitatea de variere a vitezei în funcţie de sarcină sau de configuraţia terenului.

Benzile transportoare de pe excavator sînt acţionate cu motoare hidraulice lente.

Ridicarea şi coborîrea braţului roţii port-cupe se realizează cu cilindri hidraulici (alimentaţi de la un circuit aferent), care sînt prevăzuţi cu dispozitive de frînare ce asigură o viteză constantă, indiferent de momentul sarcinii.

Braţul de deversare este acţionat de un cilindru hidraulic, care asigură mişcarea unghiulară a acestuia.

Grupurile sînt concepute astfel, încît să deservească mecanismele succesive în funcţie de mişcările necesare ciclului, reducîndu-se puterea electrică instalată.

Amplasarea grupurilor de alimentare şi a rezervoarelor asigură şi echilibrarea parţială a excavatorului.

Comanda şi supravegherea utilajului sînt amplasate în cele două cabine, care asigură o bună vizibilitate, dotate cu dispozitive pentru condiţionarea şi filtrarea aerului, pentru evitarea intrării prafului din exterior.

Soluţiile constructive alese asigură o întreţinere uşoară, repararea simplă, prin interschimbabilitatea ansamblului defect, fapt ce permite realizarea unui timp mare de funcţionare a utilajului.

Ungerea tuturor subansamblelor şi pieselor se face cu mijloace mecanice, care cuplează automat în timpul funcţionării.

Microprocesorul asigură urmărirea funcţionării optime a mecanismelor principale, astfel:

— asigură continuu temperatura lagărelor

și întrerupe funcționarea excavatorului atunci cînd ungerea devine insuficientă sau apar alte defecțiuni;

— controlează permanent presiunea circuitelor hidraulice în vederea evitării scurgerii uleiului;

— reglează automat rotirea brațului roții cu cupe în funcție de natura solului ce se excavează;

— controlează și înregistrează debitul orar existent pe benzile de transport de pe excavator;

— semnalizează optic pe panoul de supraveghere toate neregulile, întrerupînd automat funcționarea excavatorului.

Principalele caracteristici tehnice ale excavatorului în construcție compactă și celor existente sînt redate în tabelul 1.

Avantajele excavatoarelor în construcție compactă, față de cele existente, constau în:

— creșterea coeficientului specific de productivitate de la 2 $m^3/h/t$ (utilajele actuale) la 5 $m^3/h/t$ (utilajele compacte);

— fiind dotate cu microprocesoare, operațiile se pot comanda și automat, optimizîndu-se regimul de funcționare în raport cu natura materialului excavat;

— reducerea duratei de montaj cu cel puțin 50%, fiind compuse din 7—8 subansamble complet echipate;

— reducerea timpului pentru efectuarea reviziilor și reparațiilor prin schimbarea completă a subansamblelor, mărindu-se în acest fel timpul de funcționare;

— au grad de complexitate redus, permit o manevrare ușoară și au fiabilitate mărită.

CBS cu benzi independente în plan orizontal și vertical

CBS-urile sînt utilaje intermediare între excavatoarele cu rotor și transportoarele cu bandă, care au o importanță deosebită, întrucît:

— asigură în plan orizontal excavarea unui bloc cu o lățime egală cu lungimea lui (circa 60 m), reducînd la jumătate numărul ripărilor benzilor transportoare — una din operațiile cele mai grele de efectuat în cariere și cu durata cea mai mare, în special în perioadele de timp nefavorabil;

— asigură în plan vertical excavarea deasupra și sub cota de circa 10 m, avînd posibilitatea excavării unei înălțimi de bloc mare, reducînd fie excavațiile cu utilaje clasice, fie numărul de linii tehnologice pe treptele de lucru din cariere;

— asigură haldarea directă, pe vatra carierei, a intercalațiilor sterile de pe ultima treaptă de cărbune, reducînd considerabil timpul de staționare al excavatoarelor, comparativ cu transportul sterilului pe circuitele de benzi.

Datorită construcției rigide, în forma inițială, s-a încercat construirea de excavatoare cu benzi multiple care au încorporat aceste utilaje, dezavantajele fiind cele arătate, motiv

*Tabelul 1*

**Caracteristicile tehnice ale excavatoarelor cu rotor existente și propuse a se executa în construcție compactă**

| Nr. crt. | Parametrii funcționali | Excavatoare asimilate | | Excavatoare cu construcție compactă | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | realiz. | proiect. | propus pt. proiectare | | |
| | | ESRc 470 15/3,5 | ERc 1400 30/7 | ESRc 130 9/0,5 | ESRc 280 11/0,8 | ESRc 320 15/1,0 | ESRc 450 15/1,5 | ESRc 630 16/2 |
| 1 | Capacitatea teoretică de excavare sol natural, $m^3/h$ | 1 690 | 3 280 | 600 | 1 100 | 2 000 | 2 500 | 3 000 |
| 2 | Greutate proprie, t | 680 | 2 000 | 80 | 220 | 325 | 452 | 525 |
| 3 | Coeficient specific de productivitate, $\frac{\text{capacitate}}{\text{greut.}}$ | $\frac{1\,690}{680}=2,48$ | $\frac{3\,280}{2\,000}=1,64$ | 6,38 | 5 | 6,15 | 5,53 | 5,71 |
| 4 | Volumul unei cupe, l | 470 | 1 400 | 130 | 280 | 320 | 450 | 630 |
| 5 | Numărul de cupe, buc. | 8+8 | 9+9 | 7 | 8 | 7+7 | 8+8 | 9+9 |
| 6 | Diametrul roții cu cupe, m | 6,7 | 11,5 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,3 | 7,7 |
| 7 | Lungimea brațului roții cu cupe, m | 23,2 | 36,2 | 9 | 14 | 16 | 16,5 | 18 |
| 8 | Lungimea brațului de deversare, m | 25 | 88,9 | 20 | 22,5 | 23 | 25 | 26 |
| 9 | Înălțimea maximă de excavare, m | 15 | 30 | 9 | 11 | 15 | 15 | 16 |
| 10 | Adîncimea maximă de excavare sub șenilă, m | 3,5 | 7 | 0,5 | 0,8 | 1 | 1,5 | 2,0 |
| 11 | Numărul de benzi transpotoare pe utilaj, buc. | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | Puterea instalată a motoarelor, kW | 1 275 | 2 696 | 245 | 590 | 800 | 1 000 | 1 300 |
| 13 | Greutatea specifică pe sol, $N/cm^2$ | 10,8 | 11,6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

pentru care, după perioadele de experimentare, s-a trecut din nou la realizarea excavatoarelor cu două benzi, ale căror avantaje au fost, de asemenea, prezentate. Acest lucru a impus realizarea de CBS-uri cu două benzi indepen-

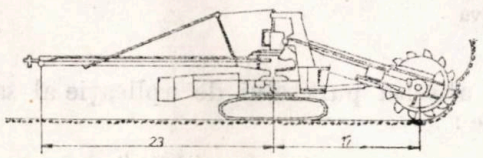



Fig. 18. Excavator compact tip 280.

dente, în plan orizontal și vertical. Folosindu-se principiul de funcționare al acestora, așa cum se observă în figura 18, se înlocuiește rotorul cu un buncăr de preluare, se mărește lungimea brațelor pînă la 60 m, rezultînd CBS-ul cu benzi independente.

Avantajele acestui tip de CBS față de cel existent în prezent în carierele de lignit constau în:

— haldarea unui volum mai mare ca la CBS-urile actuale cu circa 30%;

— se pot realiza platforme proprii de vehiculare, prin amenajări minime cu buldozerul;

— treptele de lucru, avînd înălțimea redusă, asigură stabilitatea haldei, evitîndu-se alunecările acesteia.

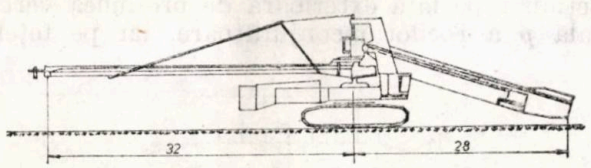



Fig. 19. CBS cu benzi independente în plan vertical și orizontal.

Din cele prezentate rezultă următoarele indicații:

— continuarea eforturilor de intensificare a acțiunilor de modernizare a excavatoarelor tip 1400, actuale;

— realizarea în viitor a excavatoarelor cu două benzi în loc de cinci, rezultînd o creștere a fiabilității, reducerea consumului de energie cu circa 25%, scăderea greutății cu circa 300 t, în condițiile măririi volumului de masă excavată anual cu circa 20%, ca urmare a reducerii staționărilor pentru manevre, desfundări buncăre, defecte mecanice și electrice la benzile 2 și 3 și la CBS, care va fi eliminat complet;

— înlocuirea treptată a excavatoarelor tip 470 actuale cu excavatoare în construcție compactă de tipul 320; 450 sau 630, funcție de natura rocii, avînd greutatea redusă cu 25—50%, gradul mic de complexitate, fiabilitatea mărită, precum și timpul de montaj și reparații, în condițiile în care capacitatea orară crește cu 10—60%; la carierele cu roci consistente, respectiv cu stabilitate mare a taluzurilor, se pot înlocui și excavatoarele tip 1 400 (fig. 20);

— proiectarea și realizarea unui nou tip de CBS, cu brațe independente, avînd în vedere multiplele avantaje pe care le prezintă față de cele existente;

— prevederea, prin proiecte, funcție de condițiile de zăcămînt, a tehnologiilor îmbunătățite menționate.

Efectele acestor acțiuni constau în creșterea timpului de funcționare a utilajelor și a productivității orare a acestora, implicit a volumului de masă minieră excavată cu circa 25%, în condițiile reducerii consumului de materiale și energie.

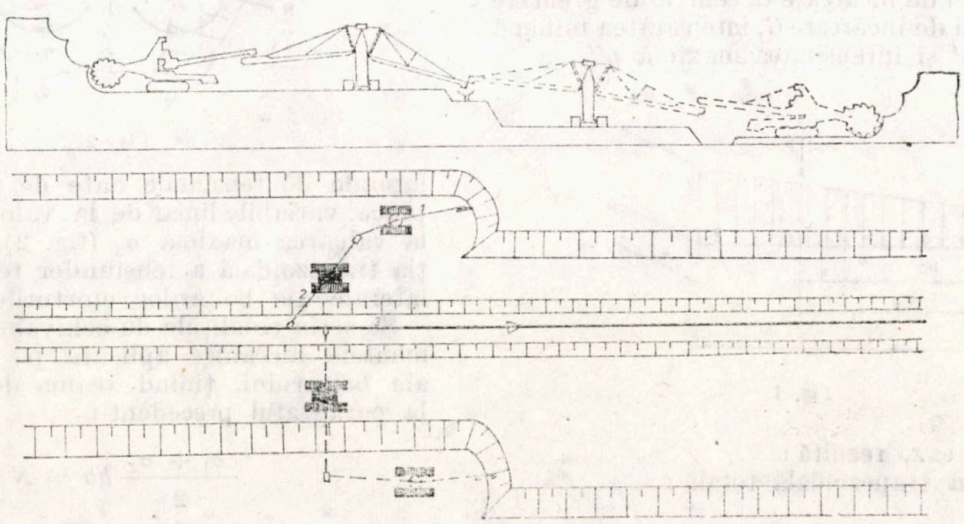



Fig. 20. Excavatoare în construcție compactă (320; 450; 630) care au înălțimea de lucru peste 15 m, pot înlocui și excavatorul 1 400 cu înălțimea de lucru de 30 m la carierele cu roci omogene: 1 — excavator cu rotor; 2 — CBS; 3 — bandă de front.

# Studiu privind stabilitatea funcțională și capacitatea portantă a susținerilor inelare din bolțari

Conf. dr. ing. **G. Petrescu**, asist. ing. **D. Ilincioiu**
Universitatea Craiova
dr. ing. **C. Păsărin**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova

## I. Introducere

În practica exploatărilor miniere subterane, susținerea lucrărilor cu inele din bolțari reprezintă o soluție larg utilizată, ca urmare a unor avantaje evidente. Cu toate acestea, în literatura de specialitate sînt foarte puține studii privind solicitarea unor asemenea structuri, comportarea lor față de solicitările preluate și calculul de rezistență a acestora, luînd în ansamblu inelul de bolțari care este solicitat de presiunea verticală a rocilor, respectiv de reacțiunile laterale ale acestora. În unele studii [1; 2], din inelul de bolțari se reține numai arcul superior, compus din cei șase bolțari din jurul cheii de boltă, pentru care se face verificarea dimensiunilor bolțarilor, față de solicitările reieșite din considerarea presiunii verticale a rocilor.

De aceea, prezentul studiu își propune să aducă o serie de completări, ținînd seama și de influența grosimii radiale a zidăriei, adică înălțimea bolțarilor asupra valorilor eforturilor secționale [3], valori care diferă destul de mult față de situația ideală, cînd nu se ține seama de grosimea radială a structurii [4].

## II. Formule generale de calcul pentru încărcarea cu distribuție trapezoidală

Pentru o încărcare cu distribuție trapezoidală (fig. 1), se consideră lungimea de încărcare $l = AB$, lățimea de încărcare $b = BD$, centrul zonei de încărcare $C$, centrul de greutate al diagramei de încărcare $G$, intensitatea minimă a sarcinii $p'$ și intensitatea maximă $p''$.

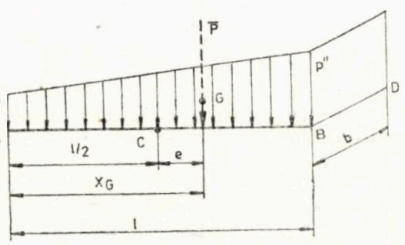



Fig. 1

În acest caz, rezultă:

— sarcina trapezoidală totală:

$$P = \frac{p' + p''}{2} lb; \qquad (1)$$

— abscisa punctului de aplicație al sarcinii totale:

$$X_G = \frac{l}{3} \cdot \frac{p' + 2p''}{p' + p''}; \qquad (2)$$

— excentricitatea sarcinii totale:

$$e = \frac{l}{6} \cdot \frac{-p' + p''}{p' + p''}; \qquad (3)$$

— momentul sarcinii totale, față de centrul $C$:

$$M = P \cdot e = \frac{l^2 b}{12}(-p' + p''). \qquad (4)$$

## III. Calculul susținerii în ipoteza distribuției trapezoidale a tensiunilor pe fețele de contact ale bolțarilor

Se consideră bolțarul de la cheia de boltă, acționat pe fața exterioară de presiunea verticală $p$ a rocilor înconjurătoare, iar pe fețele

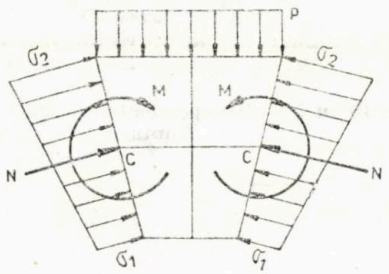



Fig. 2

laterale de tensiunile date de presiunile reciproce, variabile liniar de la valoarea minimă $\sigma_1$ la valoarea maximă $\sigma_2$ (fig. 2). Din distribuția trapezoidală a tensiunilor rezultă pe fețele laterale ale bolțarilor eforturile $N$ și $M$.

Se scriu condițiile de echivalență pentru elementele mecanice aplicate pe fețele laterale ale bolțarului, ținînd seama de formulele de la paragraful precedent:

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} hb = N; \qquad (5)$$

$$(-\sigma_1 + \sigma_2)\frac{h^2 b}{12} = M, \qquad (6)$$

în care:

$h$ este înălțimea bolțarului;

$b$ — lățimea bolțarului (dimensiunea pe direcția axei galeriei).

Rezolvînd acest sistem de ecuații se obține:

$$\sigma_1 = \frac{1}{hb} N - \frac{6}{h^2 b} M; \tag{7}$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{hb} N + \frac{6}{h^2 b} M. \tag{8}$$

Dacă se ține seama că [3]:

$$N = kpbR\left(1 + \frac{h}{R}\right); \tag{9}$$

$$M = \frac{1-k}{4} pbR^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right), \tag{10}$$

rezultă:

$$\sigma_1 = kp\left(1 + \frac{R}{h}\right) - \frac{3}{2}(1-k)p\frac{R}{h}\left(1 + \frac{R}{h}\right); \tag{11}$$

$$\sigma_2 = kp\left(1 + \frac{R}{h}\right) + \frac{3}{2}(1-k)\, p\frac{R}{h}\left(1 + \frac{R}{h}\right). \tag{12}$$

Forța axială de compresiune $N$ tinde să apese bolțarii unul pe altul, astfel încît contactul între ei să se realizeze pe întreaga înălțime $h$. În schimb, momentul încovoietor $M$ tinde să rotească bolțarii astfel încît aceștia să piardă contactul la colțurile din interiorul galeriei (fig. 3). Se produce astfel așa-numitul fenomen de căscare a bolțarilor.

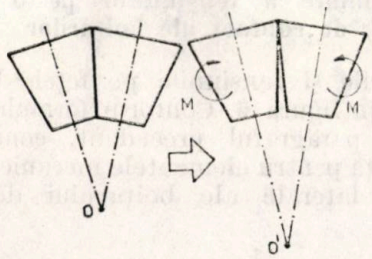



Fig. 3

Condiția ca să nu se producă fenomenul de căscare este ca:

$$\sigma_1 = kp\left(1 + \frac{R}{h}\right) - \frac{3}{2}(1-k)\, p\frac{R}{h}\left(1 + \frac{R}{h}\right) \geqslant 0, \tag{13}$$

de unde rezultă:

$$k \geqslant \frac{3\frac{R}{h}}{3\frac{R}{h} + 2}. \tag{14}$$

Deci, pentru ca fenomenul de căscare să nu înceapă, este necesar ca raportul dintre presiunea laterală a rocilor, exercitată asupra inelului de bolțari, și presiunea verticală să fie cel puțin egal cu valoarea dată de expresia de mai sus.

Se observă că valoarea limită a lui $k$ este independentă de valoarea presiunii verticale $p$ și depinde numai de dimensiunile inelului de susținere, prin valoarea raportului $R/h$; ea scade cu cît valoarea raportului $R/h$ scade, respectiv cu cît grosimea radială a inelului este mai mare în raport cu raza galeriei. Astfel, $k \to 0$ cînd $h \to \infty$, pentru o rază $R$ dată.

Deci, practic, susținerea de bolțari nu are deloc stabilitate dacă este solicitată numai prin presiune verticală, chiar dacă această presiune este foarte mică. Cu alte cuvinte, sub acțiunea greutății proprii a bolțarilor, galeria circulară tinde să ia o formă eliptică și chiar să se prăbușească (fig. 4). Ca urmare, galeria va avea sta-

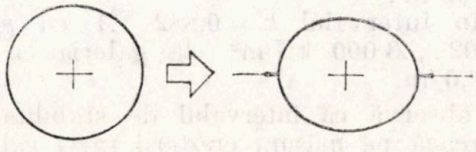


Fig. 4

bilitate numai în măsura în care se împiedică deplasările laterale, prin crearea unor forțe de reacțiune orizontale.

De aici rezultă cerința fundamentală pentru galeriile susținute cu bolțari și nu numai pentru acestea: umplerea golurilor din spatele zidăriei trebuie realizată cît mai complet posibil.

Dacă se notează cu $\sigma_c$ limita de curgere a betonului, atunci se poate pune condiția de

rezistență pentru inelul de bolțari:

$$\sigma_2 = kp\left(1 + \frac{R}{h}\right) +$$

$$+ \frac{3}{2}(1-k)p\,\frac{R}{h}\left(1 + \frac{R}{h}\right) \leq \sigma_c, \qquad (15)$$

de unde se obține presiunea capabilă a susținerii:

$$p \leq \frac{\sigma_c}{\left(1 + \frac{R}{h}\right)\left[k + \frac{3}{2}(1-k)\frac{R}{h}\right]}. \qquad (16)$$

Dacă se notează cu $k_1$ valoarea expresiei (14), cînd se ia semnul egal și se consideră bolțarii normali cu $h = 400$ mm, $b = 190$ mm și limita de curgere pentru beton B 500, $\sigma_c = 18\,000$ kN/m² (1 800 tf/m²), la razele uzuale ale galeriei rezultă valorile din tabelul 1.

*Tabelul 1*

| Raza galeriei, $R$, m | $k_1$ | $p_1$, kN/m² | $k_{max}$ | $p_{max}$, kN/m² |
|---|---|---|---|---|
| 1,3 | 0,829 | 2 538 | 1 | 4 235 |
| 1,5 | 0,849 | 2 214 | 1 | 3 789 |
| 2,0 | 0,882 | 1 692 | 1 | 3 000 |

De aici rezultă că zidăria de bolțari normali poate funcționa stabil în condițiile următoare:

— în intervalul $k = 0{,}829 \ldots 1$, cu $p_{cap} = 2\,538 \ldots 4\,235$ kN/m², la galeria cu raza $R = 1{,}3$ m;

— în intervalul $k = 0{,}849 \ldots 1$ cu $p_{cap} = 2\,214 \ldots 3\,789$ kN/m², la galeria cu raza $R = 1{,}5$ m;

— în intervalul $k = 0{,}882 \ldots 1$, cu $p_{cap} = 1\,692 \ldots 3\,000$ kN/m² la galeria cu raza $R = 2{,}0$ m.

Se observă că intervalul de stabilitate se micșorează pe măsura creșterii razei galeriei; în schimb la o galerie dată, presiunea capabilă depinde numai de valoarea coeficientului presiunii laterale $k$. La rîndul ei, presiunea laterală depinde exclusiv de condițiile concrete din teren.

## IV. Formule generale de calcul pentru încărcare cu distribuție triunghiulară pe o porțiune de secțiune

Dacă fenomenul de căscare se continuă, contactul dintre bolțari nu se mai face pe toată înălțimea lor, ci pe o distanță din ce în ce mai mică pînă cînd, la limită, contactul rămîne numai pe colțurile de sus. În acest caz pe fețele bolțarilor apare o încărcare triunghiulară, plus o zonă liberă de tensiuni (fig. 5).

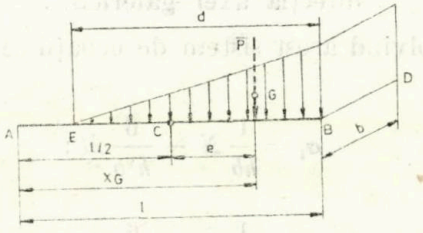



Fig. 5

Pentru o asemenea situație se consideră următoarele elemente:

— lungimea de încărcare $d$;

— gradul de acoperire:

$$\eta = \frac{d}{l} \qquad (17)$$

cu valori $\eta = 0 \ldots 1$, pentru $d = 0 \ldots l$;

— sarcina triunghiulară totală:

$$P = \frac{1}{2}p''db; \qquad (18)$$

— abscisa punctului de aplicație a sarcinii totale:

$$X_G = l - \frac{d}{3}; \qquad (19)$$

— excentricitatea punctului de aplicație ai sarcinii totale:

$$e = X_G - \frac{l}{2} = \frac{l}{2} - \frac{d}{3}; \qquad (20)$$

— momentul sarcinii totale față de centrul $C$:

$$M = P \cdot e = \frac{1}{2}p''db\left(\frac{l}{2} - \frac{d}{3}\right). \qquad (21)$$

## V. Calculul susținerii în ipoteza distribuție triunghiulare a tensiunilor pe o porțiune a fețelor de contact ale bolțarilor

Eforturile și tensiunile pe fețele bolțarului rezultă din figura 6. Conform formulelor generale din paragraful precedent, condițiile de echivalență pentru elementele mecanice aplicate pe fețele laterale ale bolțarului devin:

$$\frac{1}{2}\sigma_2 db = N; \qquad (22)$$

$$\frac{1}{2}\sigma_2\, db\left(\frac{h}{2}-\frac{d}{3}\right)=M. \qquad (23)$$

Prin eliminarea părții comune $\frac{1}{2}\sigma_2\, db$, din aceste două relații, se obține:

$$N\left(\frac{h}{2}-\frac{d}{3}\right)=M. \qquad (24)$$

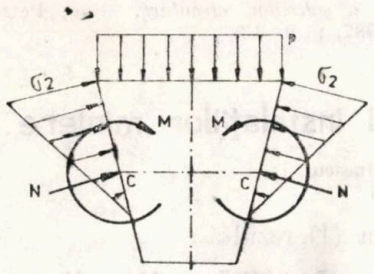



Fig. 6

Se înlocuiesc $N$ și $M$ cu expresiile corespunzătoare valorilor de la cheia de boltă, rezultînd:

$$kpbR\left(1+\frac{h}{R}\right)\left(\frac{h}{2}-\frac{d}{3}\right)=$$
$$=\frac{1-k}{4}pbR^2\left(1+\frac{h}{R}\right), \qquad (25)$$

expresie care se poate pune sub forma:

$$\frac{1}{3}kh(3-2\eta)=\frac{1-k}{2}R. \qquad (26)$$

De aici rezultă coeficientul presiunii laterale corespunzător lungimii de încărcare $d$, respectiv gradului de acoperire $\eta$:

$$k=\frac{3\frac{R}{h}}{3\frac{R}{h}+2(3-2\eta)}. \qquad (27)$$

Se observă că, în acest caz, valoarea coeficientului $k$ depinde nu numai de construcția inelului de bolțari (prin raportul $R/h$), ci și de gradul de acoperire $\eta$, adică de înălțimea secțiunii pe care bolțarii mai păstrează contactul.

Cînd $\eta = 1$, avem situația limită a încărcării trapezoidale, cu valorile din tabelul 1.

Cînd $\eta = 0$, fenomenul de căscare este la limita extremă și galeria susținută cu bolțari își pierde complet stabilitatea, rezultînd:

$$k_0=\frac{3\frac{R}{h}}{3\frac{R}{h}+6}, \qquad (28)$$

de unde:

$R = 1{,}3$ m; $h = 0{,}4$ m; $k_0 = 0{,}619$;

$R = 1{,}5$ m; $h = 0{,}4$ m; $k_0 = 0{,}652$;

$R = 2{,}0$ m; $h = 0{,}4$ m; $k_0 = 0{,}714$.

*Tabelul 2*

| Raza galeriei, $R$, m | $k_0$ | $p_0$, kN/m² |
|---|---|---|
| 1,3 | 0,619 | 0 |
| 1,5 | 0,652 | 0 |
| 2,0 | 0,714 | 0 |

Dacă se admite că la limita extremă $\sigma_2 = \sigma_c$, atunci din formula (22) sau (23) se obține presiunea capabilă să ducă la această situație:

$$p=\frac{1}{2}\cdot\frac{\sigma_{cn}}{k_0\left(1+\frac{R}{h}\right)} \qquad (29)$$

și pentru diversele variante de galerii se obțin valorile din tabelul 2.

Cu alte cuvinte, chiar la o presiune verticală $p \to 0$, presiunea la colțurile bolțarilor devine foarte mare, depășind cu mult limita de curgere din cauza suprafeței de contact care tinde către zero.

**Observații și concluzii**

Făcînd o sinteză a rezultatelor, se obține următorul tablou:

$R = 1{,}3$ m; $h = 0{,}4$ m; $k_0 = 0{,}619$; $k_1 = 0{,}829$; $k_{max} = 1$;

$R = 1{,}5$ m; $h = 0{,}4$ m; $k_0 = 0{,}652$; $k_1 = 0{,}849$; $k_{max} = 1$;

$R = 2{,}0$ m; $h = 0{,}4$ m; $k_0 = 0{,}714$; $k_1 = 0{,}882$; $k_{max} = 1$.

Deci:

— cînd $k$ este cuprins între $k_1$ și 1, galeria susținută în bolțari are stabilitatea asigurată;

— cînd $k$ este cuprins între $k_0$ și $k_1$, stabilitatea galeriei susținută în bolțari este în scădere;

— cînd $k$ este mai mic decît $k_0$, galeria susținută în bolțari nu mai prezintă nici o stabilitate.

Rezultă că, pentru asigurarea stabilității susținerii galeriei, trebuie mărit coeficientul $k$ și adus la valori cît mai apropiate de unitate. Aceasta presupune consolidarea rocilor pe părțile laterale ale galeriei, astfel încît susținerea să întîlnească o rezistență corespunzătoare în momentul cînd tinde să ia forma eliptică.

Tot de aici rezultă că ar fi indicat ca galeriile să se zidească la o formă inițială eliptică, avînd axa mare orientată pe verticală. În felul acesta, cînd presiunea verticală începe să lucreze, galeria se deformează tinzînd către

forma circulară și părțile laterale se sprijină pe rocă astfel încît apar reacțiunile orizontale necesare pentru asigurarea stabilității.

În situația în care coeficientul $k$ este mic și nu există posibilitatea măririi lui prin diverse procedee, rezultă că ar fi mai rațional ca susținerea inelară de bolțari să fie înlocuită cu susținere din profile metalice. Prin natura lor, acestea au o capacitate mai mare de preluare a momentelor încovoietoare și pot rezista suficient chiar în cazul cînd ovalizarea devine destul de accentuată.

**Bibliografie**


[1] Țimbarevici, P. M. *Susținerea lucrărilor miniere.* Ed. Tehnică, București, 1953.

[2] Lețu, N., Carpinișeanu, D. *Susțineri miniere.* Ed. Tehnică, București, 1973.

[3] Petrescu, G. ș. a. *Studiu privind eforturile secționale la inelul de bolțari cînd se ține seama și de grosimea radială a zidăriei.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 9, 1989.

[4] Petrescu, G. ș.a. *Considerații privind susținerea metalică a galeriilor circulare.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 1, 1987, p. 9—13.


# Șocuri și vibrații în cazul mașinilor și instalațiilor miniere


Prof. dr. docent ing. **I. N. Constantinescu**
Institutul de Mine Petroșani


Procesele tranzitorii care apar la pornirea mașinilor miniere sînt influențate de tipul motorului electric de antrenare, de mărimea și caracterul variației forțelor rezistente. Majoritatea mașinilor miniere sînt acționate cu motoare asincrone, cu rotorul în scurtcircuit, variația cuplului motor fiind dată de curba caracteristică a motorului.

În ceea ce privește influența forțelor rezistente, putem avea următoarele situații mai importante:

— pornirea fără sarcină, caz în care forțele rezistente sînt mici;
— pornirea în plină sarcină, caz în care momentul rezistent poate fi considerat constant;
— pornirea în gol, urmată de aplicarea bruscă a unei sarcini constante.

Desfășurarea procesului de pornire a mașinilor miniere, ca de altfel orice proces tranzitoriu, depinde de caracteristicile dinamice ale mașinii, de distribuția maselor și a elementelor elastice [1; 2; 3; 4].

Ca prim exemplu de proces tranzitoriu, să considerăm pornirea unui transportor cu banda încărcată cu cărbune. Vom utiliza ecuațiile lui Lagrange de forma:

$$\frac{d}{d}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial E}{\partial q_k} = Q_k, \quad (k = 1, 2, \ldots, n, \qquad (1)$$

unde:

$E$ este energia cinetică a sistemului;
$q_k$ — coordonata generalizată;
$\dot{q}_k$ — viteza generalizată;
$Q_k$ — forța generalizată.

În cazul studiat, sistemul are un grad de libertate, deci $k = 1$.

Avînd în vedere că:

$$E = \frac{1}{2}(I_1 + I)\dot{\varphi}^2; \quad q = \varphi; \quad \dot{q} = \dot{\varphi};$$

$$\frac{\partial E}{\partial q} = \frac{\partial E}{\partial \varphi} = 0,$$

din relația (1) rezultă:

$$(I_1 + I)\ddot{\varphi} = M - M_1, \qquad (2)$$

unde:

$\varphi$ este unghiul de rotire al motorului;
$I_1$ și $I$ — momentele de inerție al rotorului, respectiv al tuturor pieselor în mișcare;
$M$ — momentul dezvoltat de motorul de acționare;
$M_1$ — momentul rezistent.

Integrînd ecuația diferențială din relația (2) rezultă, după o serie de transformări:

$$(I_1 + I)\,\omega_0 \frac{ds}{dt} = M_1 - \frac{2\,M_{max}}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}, \qquad (3)$$

unde:

$\omega_0$ este viteza unghiulară de rotire în regim sincron al motorului;
$s$ — alunecarea motorului;
$s_m$ — alunecarea corespunzătoare momentului de răsturnare.

Valorile $s_m$ și $M_{max}$ sînt date în cataloage pentru fiecare tip de motor.

Să analizăm, în continuare, fenomenele dinamice care au loc la pornirea unei instalații de extracție (fig. 1).

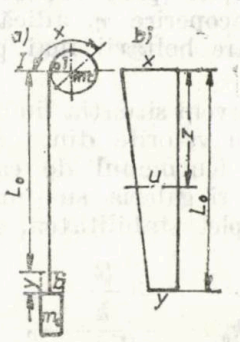



Fig. 1. Schema pentru studiul mișcării unei instalații de extracție:
*a*- schema de calcul; *b*- deformația cablului.

Particularitatea acestui caz constă în aceea că la studiul procesului tranzitoriu trebuie să se ia în considerare nu numai masa elementului elastic (cablul), ci și deformația cablului, ceea ce influențează poziția centrului de greutate.

Considerăm drept coordonate generalizate deplasarea $y$ a coliviei și deplasarea $x$ a părții de cablu care se înfășoară pe tobă (fig. 1*a*).

În aceste condiții, în ecuațiile lui Lagrange avem $q_1 = x$, iar $q_2 = y$, deci:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial W}{\partial x} = Q_x;$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{y}}\right) - \frac{\partial E}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial y} = Q_y, \qquad (4)$$

unde:

$E = \frac{m_t \dot{x}^2}{2} + \frac{m_c \dot{y}^2}{2} + E_c$ este energia cinetică;

$m_t$ — masa redusă la periferia tobei a rotorului motorului și a reductorului;

$m_c$ — masa coliviei;

$M_c$ — masa cablului;

$E_c$ — energia cinetică a cablului;

$W$ — energia potențială a cablului;

$Q_x$, $Q_y$ — forțele generalizate.

Rezolvînd sistemul după o serie de transformări obținem:

$$\left(m_t + \frac{M_c}{3}\right)\ddot{x} + \frac{M_c}{3}\ddot{y} = -k(x - y) + Q;$$

$$\frac{M_c}{6}\ddot{x} + \left(m_c + \frac{M_c}{3}\right)\ddot{y} = k(x - y). \qquad (5)$$

Rezolvînd sistemul de ecuații diferențiale din relația (5) prin metoda simbolică, după o serie de transformări, obținem:

$$x = \frac{Q\left(m_2 + \frac{M_c}{6}\right)^2}{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)^2}(1 - \cos rt) + \frac{Qt^2}{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)};$$

$$y = \frac{Q\left(m_2 - \frac{M_c}{6}\right)^2}{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)^2}\left(1 - \frac{m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}}{m_2 + \frac{M_c}{6}}\right) \cdot (1 - \cos rt) + \frac{Qt^2}{\left(k(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)}, \qquad (6)$$

unde:

$$m_1 = m_t + \frac{M_c}{3}; \quad m_2 = m_c + \frac{M_c}{3}.$$

În construcția mașinilor miniere se întîlnesc foarte frecvent probleme a căror rezolvare necesită studiul proceselor percutante. Astfel, la un mare număr de mașini și mecanisme miniere (de exemplu ciocanele de abataj, perforatoarele percutante, mașinile de încărcat cu cupă, morile cu ciocan, morile cu bile ș.a.) șocurile apar în timpul funcționării lor normale.

Șocuri pot apărea, de asemenea, la mecanismele cu clicheți, la ghearele de blocare a coliviilor instalațiilor de extracție în cazul ruperii cablului ș.a.

Să analizăm, în cele ce urmează, șocul care apare în mecanismul cu clicheți al unui troliu, ca urmare a întreruperii cuplului motor în tamburul de acționare (fig. 2).

Schema mecanică echivalentă este reprezentată în figura 3, unde s-a notat cu $m$ masa

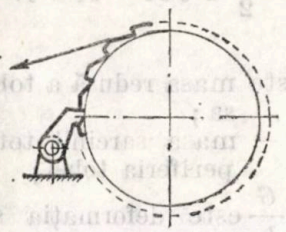



Fig. 2. Schema mecanismului cu clicheți în cazul unui troliu.

Fig. 3. Schema mecanică echivalentă a mecanismului cu clicheți.

redusă la periferia roții dințate a tobei și elementelor legate de aceasta; $m_1$ — masa clichetului și a axului său; $k_0$ — constanta de elasticitate a axului clichetului.

Vitezele $v_1$ și $v_1'$ ale maselor $m$, respectiv $m_1$, după ciocnire, se calculează cu relațiile:

$$v_1 = v_0 \frac{1 - k\frac{m_1}{m}}{1 + \frac{m_1}{m}}; \quad v_1' = v_0 \frac{1 + k}{1 + \frac{m_1}{m}}, \qquad (7)$$

unde:

$v_0$ este viteza tobei înainte de ciocnire;

$k$ — coeficientul de restituire.

Sistemul menţionat poate fi considerat că are două grade de libertate. Notînd coordonatele generalizate cu $q_1 = y_1$, respectiv $q_2 = y_2$, ecuaţiile lui Lagrange vor fi de forma:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{y}_i}\right) - \frac{\partial E}{\partial y_i} + \frac{\partial W}{\partial y_i} = Q_i, \quad (i = 1, 2), \qquad (8)$$

unde:

$y_1$ este deplasarea unui punct de pe periferia tobei;
$y_2$ — deplasarea unui punct solidar cu vagonetii;
$E$ — energia cinetică a întregului sistem;
$W$ — energia potenţială;
$Q_i$ — forţele generalizate, care au expresiile:

$$E = \frac{1}{2}(m_t \dot{y}_1^2 + m_s \dot{y}_2^2);$$

$$W = \frac{1}{2}[k_0(y_2 - y_1 + f)^2 - kf^2], \qquad (9)$$

unde:

$m_t$ este masa redusă a tobei la periferia sa;
$m_s$ — masa sarcinii totale redusă la periferia tobei;
$f = \frac{G}{k_0}$ este deformaţia statică a cablului;
$k_0$ — constanta de elasticitate a cablului;

$$Q_1 = 0; \quad Q_2 = G = m_s g.$$

Înlocuind datele de mai sus în ecuaţiile lui Lagrange (8), obţinem:

$$m_t \ddot{y}_1 + k(y_1 - y_2) = m_s g;$$
$$m_s \ddot{y}_2 + k(y_2 - y_1) = 0. \qquad (10)$$

Rezolvînd sistemul de ecuaţii diferenţiale, după o serie de transformări, obţinem:

$$y_1 = \frac{m_s g t^2}{2(m_s + m_t)} + \frac{m_s g}{\omega^2}\left[\frac{1}{m_t} - \frac{1}{2(m_s + m_t)}\right] \cdot (1 - \cos \omega t) - vt;$$

$$\dot{y}_1 = \frac{m_s \cdot gt}{m_s + m_t} + \frac{m_s g}{\omega}\left[\frac{1}{m_t} - \frac{1}{2(m_s + m_t)}\right] \sin pt - v. \qquad (11)$$

Considerînd cursa mecanismului cu came $s$, se poate determina deplasarea la periferia tobei $y_1$, apoi din relaţia (11) obţinem durata $t_1$ care, la rîndul ei, ne permite determinarea vitezei $\dot{y}_1$. Cunoscînd pe $\dot{y}_1$, putem calcula viteza $v_0$ şi apoi $v_1$ şi $v_1'$.

Procesele oscilatorii joacă un rol foarte important în generarea eforturilor dinamice în cazul maşinilor şi instalaţiilor miniere. Din această cauză o corectă dimensionare a organelor de maşini componente este posibilă numai dacă se studiază în profunzime fenomenele oscilatorii care se produc în diferite regimuri de funcţionare.

Să studiem oscilaţiile libere care au loc în cazul sistemului de frînare cu comandă pneumatică al unei instalaţii de extracţie (fig. 4).

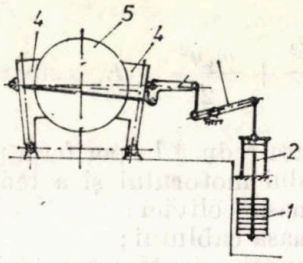



Fig. 4. Schema de principiu a dispozitivului de frînare cu comandă pneumatică a unei instalaţii de extracţie: *1* — contragreutate; *2* — cilindru pneumatic; *3* — sistem de pîrghii; *4* — saboţi de frînare; *5* — toba pe care se înfăşoară cablu

Pentru frînarea tamburului *5*, se evacuează aerul din cilindrul *2* şi, sub acţiunea greutăţii *1*, sistemul de pîrghii *3* apasă saboţii *4* pe acest tambur. Dacă aerul este evacuat suficient de rapid din cilindrul *2*, se poate neglija efectul de amortizare a oscilaţiilor, deci ecuaţia diferenţială care caracterizează mişcarea sistemului este de forma:

$$m\ddot{y} = G\frac{y}{y_{max}} = \pm F + G, \qquad (12)$$

unde $m$ şi $G$ sînt masa şi respectiv greutatea redusă la axa cilindrului a elementelor în mişcare;
$y$ — deplasarea pistonului cilindrului 2;
$F$ — rezultanta forţelor de frecare care se opune întotdeauna tendinţei de deplasare.

Notînd:

$$\frac{g}{y_{max}} = p^2; \quad \frac{F}{G} = k_0,$$

rezultă:

$$\ddot{y} + p^2 y = g(1 \pm k_0), \qquad (13)$$

având soluția de forma :

$$y = \left[\frac{g}{p^2}(1 + k_0) - y_1\right]\cos pt + \frac{g}{p^2}(1 + k_0), \tag{14}$$

unde :

$$y_1 = \frac{2g}{p^2}(1 - k_0) = 2\, y_{max}(1 - k_0).$$

Valoarea maximă se obține pentru $t = t_2 = \frac{2\pi}{p}$, deci :

$$y_2 = \frac{2g}{p^2}(1 + k_0) - y_1 = \frac{4g}{p^2} k_0 = 4y_{max}k_0.$$

În condițiile statice, sub acțiunea contragreutății și în prezența forțelor de frecare, avem $y = y_{max}$.

Amplitudinile oscilațiilor în primele două semiperioade vor fi :

$$A_1 = y_1 - y_{max} = 2y_{max}(1 - k_0) - y_{max} = y_{max}(1 - 2k_0);$$

$$A_2 = y_{max} - y_2 = y_{max} - 4y_{max} k_0 = y_{max}(1 - 4k_0).$$

Continuînd studiul mișcării, se ajunge la concluzia că valoarea absolută a amplitudinii oscilațiilor scade în progresie aritmetică cu diferența :

$$\Delta A = A_1 - A_2 = 2k_0 y_{max}.$$

**Bibliografie**


[1] Constantinescu, I. N., Darabont, A. V., Mereț, N. *Mecanica mașinilor și instalațiilor miniere și de preparare.* Vol. I și II, Ed. Tehnică, București, 1978.

[2] Darabont, A. V. ș.a. *Șocuri și vibrații. Aplicații în tehnică.* Ed. Tehnică, București, 1988.

[3] Davîdov, B. L., Skorodumov, B. A. *Dinamika gornih mașin.* Gosgortehizdat, Moskva.

[4] Goloskov, E. G., Filipov, A. P. *Nestaționarnie kolebania mehaniceskih sistem.* Naukov Dumka, Kiev.


# Factorii de influență în procesul de ardere a substanțelor solide combustibile


Ing. C. Boia

I. C. P. M. S. N. Cluj-Napoca


## I. Introducere

Substanțele solide combustibile se caracterizează prin prezența, în constituția lor, a următoarelor componente : masa de substanțe combustibile, masa de substanțe minerale sterile (care nu ard) și masa de umiditate.

Procentul de participare a fiecărui component este diferit, de la un combustibil solid la altul (tab. 1).

Puterea calorifică inferioară a unui combustibil solid reprezintă cantitatea de energie pe care o poate ceda prin ardere o anumită cantitate de substanță, de obicei 1 kg (determinarea se face experimental cu ajutorul calorimetrului sau se poate calcula dacă se cunoaște compoziția elementară a combustibilului). În cazul combustibililor solizi inferiori, care conțin substanțe sterile și umiditate în cantitate mare, eliberarea acestei energii este grevată serios de anumite dificultăți deloc de neglijat.

Energia conținută în substanța combustibilă, în cazul arderii acesteia într-un focar, se distribuie în felul următor :

— energia necesară pentru încălzirea și evaporarea apei din combustibil, $Q_{um}$, J ;

— energia necesară pentru încălzirea substanței combustibile pînă la temperatura din focar, $Q_{sc}$, J ;

— energia care se consumă pentru încălzirea masei incombustibile pînă la temperatura din focar ;

— energia necesară încălzirii aerului de ardere pînă la temperatura din focar, $Q_L$, J ;

— energia pierdută prin ardere chimică și mecanică, incompletă, $Q_{mec}$ ;

— energia pierdută în mediul înconjurător.

Dacă se notează cu $Q_a$ cantitatea de energie conținută în masa de combustibil, atunci se poate scrie ecuația dintre termenii bilanțului energetic :

$$Q_a = Q_{um} + Q_{sc} + Q_{st} + Q_{mec} + Q_{rm}. \tag{1}$$

În focar, energia disponibilă pentru utilizare este aceea conținută în gazele arse evacuate.

## II. Conținutul de energie disponibilă

Pentru a afla cantitatea de energie disponibilă pe care o regăsim în gazele arse evacuate, vom trece la explicitarea termenilor ecuației (1) :

$$Q_{um} = m_u \cdot [C_{spa}(100 - t_c) + C_{spv}(t_f - 100) + l] = m_u[C_{spa}(100 - t_c) + l] + m_u \cdot C_{spv} \cdot (t_f - 100) = Q_{um_1} + m_u \cdot C_{spv}(t_f - 100), \text{J}, \tag{2}$$

*Tabelul 1*

| Sortul de combustibil solid | Umiditate, $W_t^i$, % | Cenușă, $A^i$, % | Puterea calorifică inferioară raportată la masa inițială, $Q_i^i$, kJ/kg | Puterea calorifică inferioară raportată la masa combustibilă, $Q_i^{mc}$, kJ/kg | Temperatura de aprindere, °C |
|---|---|---|---|---|---|
| Huilă mixtă Anina | 9 | 49,1 | 13 398 | 31 973 | 400—500 |
| Huilă sortată Petroșani | 9 | 33,70 | 16 747 | 29 226 | 400—500 |
| Cărbune brun Comănești | 11,5 | 40,70 | 12 979 | 25 782 | 300—450 |
| Cărbune brun Țebea | 27 | 29,90 | 10 886 | 25 257 | 300—450 |
| Lignit Voivozi | 30 | 37,50 | 7 116 | 21 896 | 300—450 |
| Lignit Căpeni | 47,0 | 18,60 | 7 327 | 21 296 | 300—450 |
| Lignit Rovinari | 41,0 | 26,30 | 6 741 | 20 616 | 300—450 |
| Șisturi bituminoase Anina | 8 | 72 | 4 100 | — | 500—600 |
| Șisturi bituminoase Doman | 10 | 67,50 | 4 100 | — | 500—600 |
| Deșeuri vegetale | 40 | — | 10 886 | — | 250—300 |
| Lemn (uscat la aer) | 20 | 1,5 | 14 277 | — | 250—300 |
| Turbă | 25 | 8 | 14 528 | — | 225—280 |

$W_t^i$; $A^i$ — valori raportate la masa inițială.

unde :

$m_u$ este masa de umiditate din combustibil ;

$t_c$ — temperatura combustibilului la intrare în focar ;

$t_f$ — temperatura focarului ;

$l$ — căldura latentă de vaporizare a apei ;

$$Q_{um_1} = m_u \cdot [C_{spa}(100 - t_c) - l] \quad (3)$$

este termenul din expresia (2) care nu depinde de temperatura flăcării și care s-ar putea recupera din gazele arse numai dacă temperatura gazelor arse se scade sub temperatura punctului de rouă al apei (practic nerecuperabilă economic decît în cazuri particulare).

$$Q_{sc} = m_c \cdot C_{spc} \cdot (t_f - t_c) = m_c \cdot C_{spc} \cdot t_f -$$

$$- m_c \cdot C_{spc} \cdot t_c = m_c \cdot C_{spc} \cdot t_f - Q'_{sc}, \text{ J}, \quad (4)$$

unde :

$m_c$ este masa de substanță combustibilă ;

$C_{spc}$ — căldura specifică a masei combustibile ;

$Q'_{sc} = m_c \cdot C_{spc} \cdot t_c$ (nu depinde de temperatura din focar și a cărui creștere de temperatură are o influență benefică asupra temperaturii din focar).

$$Q_{st} = m_{st} \cdot C_{sps}(t_f - t_c) = m_{st} \cdot C_{sps} \cdot t_f -$$

$$- m_{st} \cdot C_{sps} \cdot t_c = m_{st} \cdot C_{sps} \cdot t_f - Q'_{st}, \text{ J}, \quad (5)$$

unde :

$m_{st}$ este masa de substanță sterilă necombustibilă;

$C_{sps}$ — căldura specifică a masei sterile ;

$Q'_{st} = m_{st} \cdot C_{spst} \cdot t_c$;

$$Q_L = m_c \cdot C_{spL} \cdot (t_f - t_L) = m_L \cdot C_{spL} \cdot t_f - m_L \cdot$$

$$\cdot C_{spL} \cdot t_f - Q_L, \text{ J}, \quad (6)$$

unde :

$m_L$ este masa de aer intrată în focar, care se poate exprima prin relația :

$$m_L = \alpha \cdot m_{OL}, \quad (7)$$

$\alpha$ fiind coeficientul excesului de aer ; $m_{OL}$ — masa de aer necesară pentru arderea stoechiometrică la un exces de aer $\alpha = 1$.

Relația (7) se mai poate scrie :

$$m_L = m_{OL} + (\alpha - 1)\ m_{OL},$$

formă sub care apare distinct cantitatea de aer aflată în exces la arderea unui combustibil, astfel că relația (6) se va scrie :

$$Q_L = m_{OL} \cdot C_{spL} \cdot t_f + (\alpha - 1) \cdot m_{OL} \cdot C_{spL} \cdot$$

$$\cdot t_f - Q_L, \text{ J}, \quad (8)$$

$$Q'_L = \alpha \cdot m_{OL} \cdot C_{spL} \cdot t_L, \text{ J}.$$

Exprimarea matematică a lui $Q_{mec}$ este mai dificilă, presupunînd luarea în discuție a compoziției în substanțe combustibile a cenușii și în gaze incomplet arse din gazele evacuate, dar îl vom folosi ca element de calcul prin exprimarea lui ca fracțiune din puterea calorifică ;

$Q_{rm}$ — din aceleași considerente ca și în cazul anterior, vom evalua măsura termenului ca procent din puterea calorifică, funcție de modul de izolare termică a focarului.

Cantitatea de energie disponibilă este reprezentată de căldura conținută în gazele arse umede care părăsesc incinta focarului, $Q_{gum}$, fiind exprimată prin relația :

$$Q_{gum} = Q_a + Q'_L - (Q_{um_1} + Q_{sc} +$$

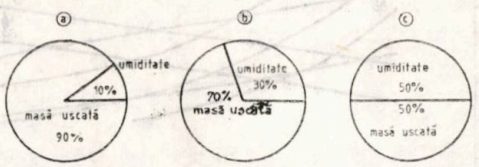
$$+ Q_{st} + Q_{mec} + Q_{rm}, \text{ J}. \quad (9)$$

În figura 1 se prezintă grafic distribuția energiei conținute în masa de combustibil pentru trei substanțe combustibile, avînd aceeași putere calorifică inferioară raportată la masa combustibilă, dar umidități diferite.

Se observă clar cum energia conţinută în combustibil se distribuie în energii pierdute, nerecuperabile, care înrăutăţesc randamentul unei instalaţii de ardere.

Se va recurge la calcule folosind puterea calorifică $H_0$ la o anumită umiditate $W_0$, masă combustibilă $m_0$ şi masă sterilă $a_0$. Cu aceste precizări, expresia (11), prin prelucrări,capătă forma:

$$t_f = \frac{H_0\left(\frac{1-W_x}{1-W_0}\right)(1+0{,}308\cdot 10^{-3}\cdot\alpha\cdot C_{spL}\cdot t_L - z) + W_x[100\cdot C_{spv} - (100-t_c)\cdot C_{spa} - 1] + \alpha\cdot 0{,}653\cdot C_{spL}\cdot t_L - Q_0}{\left(\frac{1-W_x}{1-W_0}\right)[0{,}308\cdot 10^{-3}\cdot H_0\cdot C_{spL}\cdot(0{,}15+\alpha) + m_0\cdot C_{spc} + a_0\cdot C_{sps}] + W_x\cdot C_{spv} + (\alpha+15)\cdot C_{spL}}, \text{ °C}, \quad (12)$$




| Puterea calorifică a masei uscate | $H_0$=10465kcal/kg | $H_0$=10465kcal/kg | $H_0$=10465kcal/kg |
|---|---|---|---|
| Puterea calorifică a masei umede | $H_1$=10465·0,9=9418,5kJ/kg | $H_2$=10465·0,7=7325,5kJ/kg | $H_3$=10465·0,5=5232,5kJ/kg |
| Energia necesară evaporării apei din comb. | $E_1$=0,1·2720,9=272kJ | $E_2$=816kJ | $E_3$=1360,5kJ |
| Energia disponibilă | $\Delta E_1 = H_1 - E_1 = 9418{,}5 - 272 = 9146{,}5$kJ/kg | $\Delta E_2 = 7325{,}5 - 816 = 6509{,}5$kJ/kg | $\Delta E_3 = 52325 - 13605 = 3872$kJ/kg |
| Procentul consumat din puterea calorifică pt. evaporarea umidităţii | $K_1 = \frac{272}{9418{,}5} = 3\%$ | $K_2 = \frac{816}{7325{,}5} = 11\%$ | $K_3 = \frac{1360{,}5}{5232{,}5} = 26\%$ |

Fig. 1. Influenţa umidităţii iniţiale a combustibilului asupra energiei disponibile.

### III. Temperatura de ardere a combustibilului

Dacă exprimăm cantitatea de energie conţinută în gazele umede funcţie de temperatura $t_f$, atunci putem scrie:

$$Q_{gum} = m_{gum}\cdot C_{spg}\cdot t_f = m_{go}\cdot C_{spgo}\cdot t_f + (\alpha-1)\cdot m_L\cdot C_{spL}\cdot t_f, \quad (10)$$

unde:

$m_{go}$ este masa de gaze umede care ar rezulta în cazul excesului de aer $\alpha = 1$;

$C_{spgo}$, $C_{spL}$ — călduri specifice, kJ/kg · grad.

Înlocuind expresia lui $Q_{gum}$ din relaţia (10) în relaţia (9), explicitînd şi ceilalţi termeni, rezultă, prin transformări, expresia generală a temperaturii din focar funcţie de toţi factorii de influenţă:

unde:

$W_x$ este umiditatea combustibilului;

$\alpha$ — excesul de aer;

$H_0$ — puterea calorifică la umiditatea $W_0$, J/kg;

$Q_0$ — pierderea de energie în mediul înconjurător, specifică focarului, J;

$Z$ — fracţiune de nearse din masa combustibilă;

$C_{spL}$ — căldura specifică a aerului, kJ/kg°C;

$C_{spv}$ — căldura specifică a vaporilor, kJ/kg°C;

$C_{spc}$ — căldura masei combustibile, kJ/kg°C;

$C_{sps}$ — căldura specifică a sterilului, kJ/kg;

$m_0$ — masa combustibilă, kg;

$a_0$ — masa de steril din combustibil, kg.

Energia disponibilă dată de relaţia (9) este în strînsă dependenţă de condiţiile specifice fiecărei instalaţii de ardere. Energia disponibilă în combustibil poate fi eliberată numai dacă temperatura de ardere din focar este la un nivel la care să se asigure aprinderea şi arderea combustibilului. Acest lucru nu este tocmai uşor de realizat la combustibilii solizi inferiori, la care masa de umiditate şi masa de steril sînt în procente ridicate.

Din analiza termenilor din expresiile (11) sau (12) pot fi punctaţi următorii factori de influenţă asupra nivelului temperaturii de ardere din focar.

**1.** Preîncălzirea combustibilului are o influenţă benefică asupra temperaturii în focar, în sensul creşterii acesteia (termenii $Q'_{sc}$, $Q'_{sl}$).

**2.** Creşterea puterii calorifice a combustibilului duce la micşorarea influenţei termenilor cu semnul negativ din relaţii $H_0$.

**3.** Micşorarea procentului de umiditate are efect important asupra temperaturii din focar prin micşorarea celor doi termeni $Q_{um}$ şi $m_u C_{spv}$.

**4.** Prepararea corespunzătoare a combustibilului şi utilizarea unor instalaţii eficiente de ardere influenţează în sens pozitiv tem-

$$t_f = \frac{Q_a + Q'_L + Q'_{sc} + Q'_{sl} + m_u\cdot C_{spv}\cdot 100 - (Q_{um_1} + Q_{mec} + Q_{rm})}{m_{go}\cdot C_{spgo} + (\alpha-1)m_{OL} - C_{spL} + m_u\cdot C_{spu} + m_c\cdot C_{spc} + m_{st}\cdot C_{sps}}, \text{ °C}. \quad (11)$$

Această expresie este destul de greu de aplicat în această formă, astfel încît va fi transformată pe baza următoarelor observaţii: $Q'_{sl}$, $Q'_{sc} \ll Q_a$ termenii urmînd a se neglija.

peratura din focar, prin micşorarea termenului $Q_{mc}$.

**5.** Izolarea corespunzătoarea a focarului este recomandată pentru menţinerea unei temperaturi ridicate în focar, prin micşorarea termenului $Q_{rm}$.

**6.** Reducerea excesului de aer $\alpha$, de fapt primul în ordinea mărimii, are un efect important asupra creşterii temperaturii în focar care nu trebuie neglijat mai ales la focarele cazanelor mici şi atunci cînd se utilizează combustibil cu o putere calorifică mică.

## IV. Stabilirea dependenţei temperaturii din focar în funcţie de anumiţi factori de influenţă la arderea unor combustibili solizi

Pentru expresiile (11) şi (12) vom apela la valori numerice, considerînd că ardem trei combustibili: huilă sortată de Petroşani, lignit de Rovinari şi şisturi bituminoase de Anina. Vom trece la determinarea temperaturii din focar pentru cei trei combustibili variind individual sau concomitent, una, două sau trei din variabilele $W_x$, $\alpha$, $t$, $t_L$, $z$, respectiv funcţiile $t_f(W_x)$; $t_f(\alpha)$; $t_f(t_L)$; $t_f(z)$; $t_f(W_x\,;\,\alpha)$; $t_f\,(\alpha\,;t_c)$; $t_f(\alpha\,;\,z)$; $t_f(W_x\,;\,t_L)$.

În tabelele 2; 3 şi 4 se prezintă variaţia parametrului temperatură din focar, $t_f$, funcţie de variaţia individuală a unui parametru, păs-

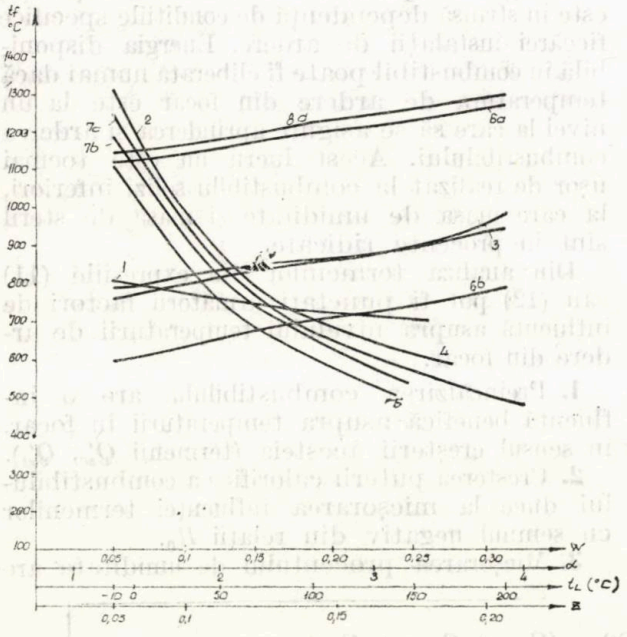


Fig. 2. Curbe de variaţie a temperaturii din focar; huilă sortată de Petroşani.

trînd pe ceilalţi constanţi, sau variind doi parametri, iar pe ceilalţi păstrîndu-i constanţi. Pe baza datelor numerice din tabele, au fost trasate curbele din figurile 2; 3; 4 pentru huilă sortată de Petroşani, lignit de Rovinari

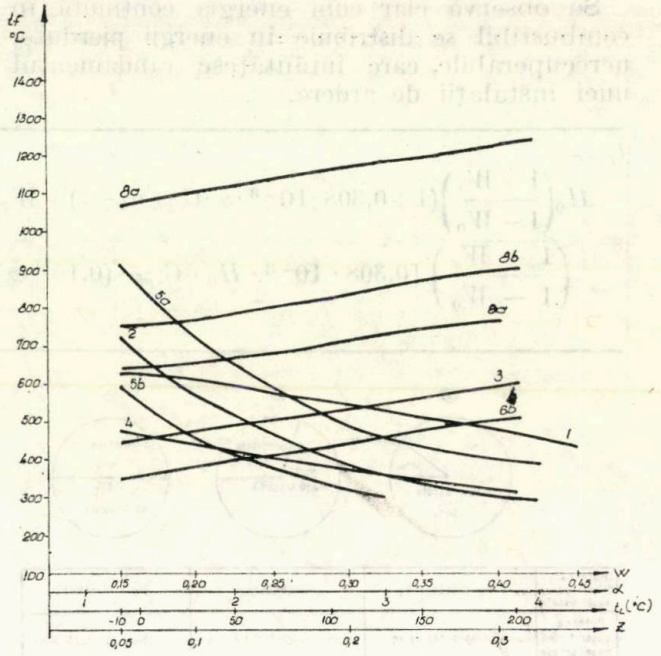


Fig. 3. Curbe de variaţie a temperaturii din focar; lignit de Rovinari.

şi şisturi bituminoase de Anina. Analizînd graficele, se pot face următoarele observaţii.

**a.** Temperatura din focar depinde, după o funcţie care tinde spre o exponenţială, de parametrul exces de aer $\alpha$; variaţii relativ mici ale excesului de aer provoacă scăderi importante ale temperaturii din focar.

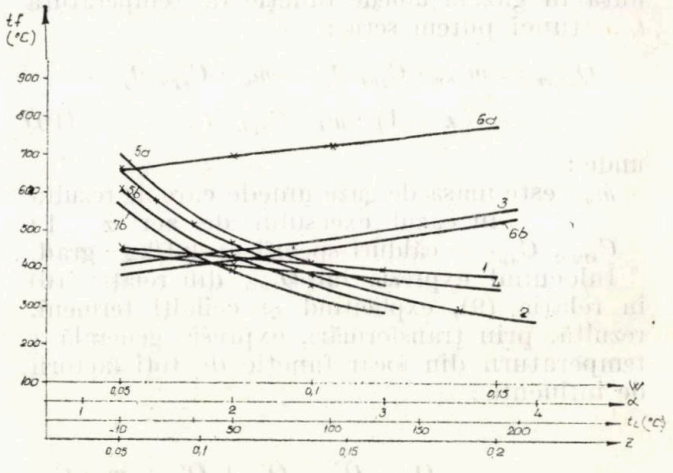


Fig. 4. Curbe de variaţie a temperaturii din focar, şisturi bituminoase de Anina.

**b.** Creşterea umidităţii conduce la diminuarea temperaturii din focar după o curbă apropiată de o dreaptă cu pantă descendentă.

**c.** Creşterea temperaturii aerului de ardere conduce la o creştere a temperaturii din focar

**Variația temperaturii din focar în funcție de modificarea unor parametri ; huilă sortată de Petroșani** *Tabelul 2*

| Constante | | | | Variabile | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | $t_L$ | z | $Q_o$ | W x | 0,05 | 0,09 | 0,1 | 0,12 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | | Curba 1 |
| 2,3 | 10°C | 0,08 | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 796 | 781 | 777 | 769 | 757 | 734 | 710 | | |
| W | $t_L$ | z | $Q_o$ | $\alpha$ | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | Curba 2 |
| 0,09 | 10°C | 0,08 | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 1304 | 1142 | 988 | 882 | 727 | 618 | 538 | 476 | |
| $\alpha$ | W | $t_L$ | $Q_o$ | $t_L$ (°C) | -10 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | Curba 3 |
| 2,3 | 0,1 | 0,08 | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 765 | 815 | 857 | 898 | 940 | 981 | 1023 | 1064 | |
| W | $\alpha$ | $t_L$ | $Q_o$ | z | 0,05 | 0,075 | 0,100 | 0,125 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | Curba 4 |
| 0,09 | 2,3 | 10°C | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 808 | 786 | 764 | 742 | 720 | 678 | 631 | 585 | |
| | $t_L$ | z | $Q_o$ | W x | W = 0,1 | | | | W = 0,2 | | | | Curbele 5a, 5b |
| | 10°C | 0,08 | 502 kJ | $\alpha$ | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 1118 | 877 | 723 | 615 | 1050 | 827 | 683 | 582 | |
| | W | z | $Q_o$ | $\alpha$ | $\alpha$ = 1,5 | | | | $\alpha$ = 3 | | | | Curbele 6a, 6b |
| | 0,09 | 0,08 | 502 kJ | $t_L$ (°C) | -10 | 50 | 100 | 200 | -10 | 50 | 100 | 200 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 1108 | 1155 | 1195 | 1273 | 600 | 652 | 695 | 781 | |
| | W | $t_L$ | $Q_o$ | z | z = 0,1 | | | | z = 0,2 | | | | Curbele 7a, 7b |
| | 0,09 | 10 | 502 kJ | $\alpha$ | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 3 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 3 |
| | | | | $t_f$ (°C) | 1274 | 1098 | 966 | 862 | 604 | 1126 | 971 | 854 | 762 | 534 |
| | | z | $Q_o$ | W | W = 0,05 | | | | | | | | Curbele 8a, 8b |
| | | 0,08 | 502 kJ | $\alpha$ | $\alpha$ = 1,25 | | | | $\alpha$ = 2 | | | | |
| | | | | $t_L$ (°C) | 100 | 150 | 200 | 250 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 1221 | 1259 | 1298 | 1336 | 853 | 894 | 935 | 975 | |

**Variația temperaturii din focar în funcție de modificarea unor parametri ; lignit de Rovinari** *Tabelul 3*

| Constante | | | | Variabile | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | $t_L$ | z | $Q_o$ | W x | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | Curba 1 |
| 2,3 | 10°C | 0,08 | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 641 | 613 | 591 | 548 | 511 | 471 | 428 | 380 | |
| W | $t_L$ | z | $Q_o$ | $\alpha$ | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | Curba 2 |
| 0,41 | 10°C | 0,08 | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 731 | 642 | 573 | 517 | 433 | 373 | 328 | 292 | |
| $\alpha$ | W | z | $Q_o$ | $t_L$ (°C) | -10 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | Curba 3 |
| 2,3 | 0,41 | 0,08 | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 449 | 492 | 528 | 563 | 600 | 636 | 671 | 708 | |
| W | $\alpha$ | $t_L$ | $Q_o$ | z | 0,05 | 0,075 | 0,1 | 0,125 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | Curba 4 |
| 0,41 | 2,3 | 10° | 502 kJ | $t_f$ (°C) | 482 | 466 | 450 | 433 | 417 | 384 | 352 | 320 | |
| | $t_L$ | z | $Q_o$ | W x | W = 0,25 | | | | W = 0,50 | | | | Curbele 5a, 5b |
| | 10°C | 0,08 | 502 kJ | $\alpha$ | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 818 | 652 | 542 | 465 | 521 | 422 | 356 | 307 | |
| | W | z | $Q_o$ | $\alpha$ | $\alpha$ = 1,5 | | | | $\alpha$ = 3 | | | | Curbele 6a, 6b |
| | 0,41 | 0,08 | 502 kJ | $t_L$ (°C) | -10 | 50 | 100 | 200 | -10 | 50 | 100 | 200 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 629 | 663 | 700 | 766 | 358 | 403 | 441 | 515 | |
| | $\alpha$ | $t_L$ | $Q_o$ | z | z = 0,1 | | | | z = 0,2 | | | | |
| | 2,3 | 10°C | 502 kJ | W | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 598 | 533 | 458 | 368 | 523 | 463 | 392 | 308 | |
| | | z | $Q_o$ | W | W = 0,1 | | | | | | | | Curbele 8a, 8b |
| | | 0,08 | 502 kJ | $\alpha$ | $\alpha$ = 1,25 | | | | $\alpha$ = 2 | | | | |
| | | | | $t_L$ | 100 | 150 | 200 | 250 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| | | | | $t_f$ (°C) | 1158 | 1193 | 1229 | 1264 | 821 | 860 | 898 | 936 | |

după o curbă care se apropie de o dreaptă cu o pantă ascendentă.

**d.** Dacă pentru un combustibil cu o mare putere calorifică (în exemplul de față huila sortată de Petroșani) este relativ ușor să menținem o temperatură mare, convenabilă în focar, pentru combustibilii inferiori, lignitul sau șisturile bituminoase, acest lucru este mult mai dificil, fiind necesare un control riguros al excesului de aer și preîncălzirea aerului de combustie.

**e.** Arderea lignitului de Rovinari fără o preparare termică corespunzătoare și un control corespunzător al excesului de aer, așa cum este cazul cazanelor „Metalica", la un nivel scăzut de temperatură, este improprie, energia conținută în combustibil nefiind valorificată din cauza creșterii nearselor din zgură și a

unui coeficient global de schimb de căldură foarte redus, la temperaturi de maximum 500—600°C, cît se poate menține în focar.

corespunzătoare unei arderi bune și unui transfer termic corespunzător, fiind necesar aportul cvasipermanent al unui combustibil de susținere.

**Variația temperaturii din focar în funcție de modificarea unor parametri; șisturi bituminoase de Anina**

*Tabelul 4*

| Constante | | | | Variabile | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | $t_L$ | z | $Q_i$ | W/x | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,15 | | | | Curba 1 |
| 2,3 | 10°C | 0,08 | 400 kJ | $t_f$(°C) | 459 | 438 | 424 | 409 | 387 | | | | |
| W | $t_L$ | z | $Q_i$ | $\alpha$ | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | Curba 2 |
| 0,1 | 10 | 0,08 | 400 kJ | $t_f$ (°C) | 671 | 588 | 524 | 473 | 396 | 341 | 300 | 267 | |
| $\alpha$ | W | $t_L$ | $Q_i$ | $t_L$ (°C) | -10 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | Curba 3 |
| 2,3 | 0,1 | 0,08 | 400 kJ | $t_f$(°C) | 410 | 451 | 486 | 521 | 556 | 590 | 625 | 660 | |
| W | $\alpha$ | $t_L$ | $Q_i$ | z | 0,05 | 0,075 | 0,1 | 0,125 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | Curba 4 |
| 0,1 | 2,3 | 10 | 400 kJ | $t_f$(°C) | 440 | 426 | 413 | 399 | 386 | 358 | 331 | 303 | |
| | | | | W/x | W = 0,075 | | | | W = 0,15 | | | | Curbele 5a, 5b |
| | $t_L$ | z | $Q_i$ | $\alpha$ | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | |
| | 10 | 0,08 | 400 kJ | $t_f$ (°C) | 615 | 494 | 413 | 355 | 535 | 432 | 362 | 313 | |
| | | | | $\alpha$ | $\alpha$ = 1,25 | | | | $\alpha$ = 2,5 | | | | Curbele 6a, 6b |
| | W | z | $Q_i$ | $t_L$(°C) | -10 | 50 | 100 | 200 | -10 | 50 | 100 | 200 | |
| | 0,1 | 0,08 | 400 kJ | $t_f$(°C) | 658 | 604 | 725 | 785 | 382 | 425 | 460 | 530 | |
| | | | | z | z = 0,1 | | | | z = 0,2 | | | | Curbele 7a, 7b |
| | W | $t_L$ | $Q_i$ | $\alpha$ | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 3 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 3 |
| | 0,1 | 10 | 400 kJ | $t_f$(°C) | 653 | 573 | 511 | 461 | 333 | 566 | 437 | 443 | 400 | 289 |

**f.** Cazul șisturilor bituminoase trebuie tratat cu și mai multă atenție, deoarece creșterea ponderii la numitorul expresiei temperaturii din focar, a valorilor numerice reprezentînd partea sterilă necombustibilă, în raport cu partea dată de aportul puterii calorifice, face să se poată menține foarte greu temperaturi

**Bibliografie**


[1] Pănoiu, N. ș.a. *Instalații de ardere a combustibililor solizi*. Ed. Tehnică, 1985.

[2] Raznjevic, K. *Tabele și diagrame termodinamice*. Ed. Tehnică, 1978.

[3] * * * *Manualul inginerului termotehnician*. Vol. I, Ed. Tehnică, 1961.


# Unele probleme privind securitatea tehnică a recipientelor-butelii industriale pentru gaze comprimate


Prof. dr. ing. **A. Pavel**

Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


Potrivit prescripțiilor tehnice oficiale C 5—84 (cu modificările din 1985) [14] ale Inspecției pentru cazane, recipiente sub presiune și instalații de ridicat (ISCIR) din România, prin *recipiente-butelii* se înțeleg recipientele (vasele) *metalice* ermetic închise, cu diametrul exterior (nominal) de cel mult $D_e = 420$ mm și lungimea (nominală) de cel mult $L_0 = 1\ 800$ mm, avînd capacitatea (nominală) de cel mult $V_0 = 150\ l = 0{,}15\ m^3$, care se folosesc pentru transportul și depozitarea gazelor * *comprimate* (aer, oxigen, hidrogen, azot, metan, argon, heliu, oxid de carbon etc.), *lichefiate* (propan, propilenă, butan, butilenă, amestecuri A, $A_0$, $A_1$, B sau C, etan, etilenă, amoniac anhidru, bioxid de carbon, bioxid de sulf, clor, clorură de metil, clorură de vinil, amestecuri $F_1$, $F_2$ sau $F_3$ etc.) sau dizolvate (acetilenă sau amoniac în apă), în condițiile temperaturii ambiante (−40°C...+40°C)**. În limbajul tehnic uzual, recipientele-butelii se denumesc *butelii pentru gaze*, butelii pentru gaz sau, pur și simplu, *butelii* (de oxigen, de hidrogen, de metan, de $CO_2$, de argon etc.).

Recipientele-butelii de proveniență indigenă se execută din semifabricate tubulare

* O listă completă a gazelor respective (comprimate, lichefiate și dizolvate sub presiune) se redă în anexa 1 din PT ISCIR C 5—84 [14].

** În depozitele de recipiente-butelii pentru $CO_2$, temperatura nu trebuie să depășească +30°C [14].

țevi din oțel 31Mn12V, cu rezistența de rupere $\sigma_r$ = min. 840 N/mm² și limita tehnică de curgere $\sigma_c = \sigma_{0,2}$ = min.720 N/mm² [3]), prin ogivare [6], ca :

- butelii pentru aer, argon, azot, heliu, hidrogen, kripton, metan, neon, oxid de carbon și oxigen, cu $V_0 = 40$ l și $D_e = 219$ mm, având presiunea (nominală) de încărcare $p = Pn = 150$ bar și presiunea de încercare hidraulică $p_h = 225$ bar ;
- butelii pentru alte gaze tehnice, cu $V_0 = 5$ ; 8 ; 10 ; 12 ; 16 ; 20 ; 25 și 30 l, respectiv cu $D_e = 140$ ; 168 și 219 mm, având o masă medie de $M = 13 \ldots 41$ kg ;
- butelii pentru stingătoare de incendiu portative, cu $CO_2$, având $V_0 = 1{,}34$ ; 2,67 ; 4 și 8 l ; $D_e = 114$ și 140 mm, $p_h = 250$ bar ;
- butelii pentru aparate de respirat și echipamente similare, cu $V_0 = 0{,}4$ ; 0,8 ; 4 și 12 l ; $D_e = 60$ ; 83 ; 114 și 168 mm ; $p = Pn = 200$ bar și $p_h = 300$ bar ;
- alte butelii, cu $D_e = 245$ mm.

Fiind un mare fabricant european de recipiente-butelii pentru gaze comprimate, firma Heiser (Austria) a trecut — în ultima vreme — la înlocuirea oțelului Cr/Mo costisitor, de tip 34CrMo4, prin oțelul manganos economic aliat și termic îmbunătățit, de tip 28Mn6, cu următoarea compoziție chimică [7] : C = 0,23 ... 0,29% ; Si = 0,15 ... 0,35% ; Mn = 1,48 ... 1,68% ; P ⩽ 0,025% ; S ⩽ 0,025% și Al ⩾ ⩾ 0,025%. Deși au lipsit reclamațiile privind calitatea și, deci, securitatea tehnică ale buteliilor executate din acest oțel, într-o serie de cazuri practice, totuși, s-au conturat unele incertitudini referitoare la compatibilitatea lor cu utilizarea în anumite scopuri, determinate, respectiv cu folosirea pentru hidrogen comprimat. Ca urmare, asociindu-se, firmele Voest-Alpine AG și Heiser au procedat la materializarea unui amplu program de cercetare experimentală, în principal vizându-se determinarea — în circumstanțe comparabile — a caracteristicilor de exploatare ale buteliilor din oțel mangan și din oțel crom-molibden, atenție aparte rezervându-se acțiunii dăunătoare a hidrogenului gazos comprimat.

În decursul experimentărilor, au fost efectuate încercări standard la tracțiune (întindere) și încercări dinamice pe aer și în mediu de hidrogen gazos, la presiunea manometrică de 120 bar, studiindu-se : influența stării structurale a metalului de bază și a stării suprafeței materialelor respective ; caracterul modificărilor structurale în condițiile tratamentului termic ; deformabilitatea ; rezilienta (tenacitatea) și, corespunzător, sensibilitatea la coroziune fisurantă (CORFIS). A rezultat că, în comparație cu oțelul mangan, oțelul crom-molibden se distinge printr-o călibilitate mai favorabilă și o mai accentuată stabilitate la revenire. Însă, folosind medii de călire adecvate și temperaturi de revenire corespunzătoare, diferențele evidențiate pot fi compensate și, în final, cele două tipuri de oțeluri devin *echivalente* din punctul de vedere al caracteristicilor mecanice necesare în cazul buteliilor de gaze. S-a mai stabilit că, în principal, acțiunea hidrogenului gazos este condiționată de nivelul valoric al rezistenței la rupere $\sigma_r$ și de starea fizică a suprafețelor, acțiunea respectivă asupra gîtuirii la rupere $\psi_r \rightarrow Z$ și lungirii la rupere $\varepsilon_r \rightarrow \delta$ (sau A) fiind principial identică pentru ambele tipuri de oțeluri. De remarcat că, în sensul sensibilității la CORFIS, între oțelul Cr/Mo și cel Mn nu s-au evidențiat diferențe de vreun fel. Ca rezultat definitiv al cercetărilor s-a conchis că *alegerea* oțelurilor pentru confecționarea recipientelor-butelii de gaze comprimate trebuie să fie decisă, în principal, nu pe baza compoziției chimice, ci pe baza prelucrabilității, cu prioritate privind menținerea anumitor caracteristici elastomecanice ($\sigma_r$, $\sigma_c$, $\delta \rightarrow$ A etc.).

Modificarea, în funcție de presiunea manometrică interioară $p$, a *costului* recipientelor-butelii pentru gaze comprimate se studiază în [5], obținîndu-se dependențe grafice care permit determinarea rapidă a valorilor *optime* $p$ pentru care buteliile de azot (27°C) și de heliu (21°C) au cost *minim*. Referitor la azot și heliu, în [5] se redau și graficele dependenței de presiunea interioară a densității și, respectiv, a factorului de compresivitate.

Avîndu-se în vedere utilizarea pe scară largă în industriile de proces (chimică, petrolieră, petrochimică etc.) a recipientelor *nestaționare* care funcționează sub presiune (de tipul buteliilor pentru prelevarea probelor tehnologice de gaze, lichide, gaze lichefiate etc.), în [10] se studiază și compară diferențele privind construcția, metodele calculului de rezistență și regulile de recepție, așa cum acestea se conturează în R.F. Germania conform cu DRUCK-GASBESTIMMUNG (prescripții tehnice privind recipientele-butelii *nestaționare* pentru gaze comprimate) și, corespunzător, conform cu AD-Blätter (prescripții tehnice privind recipientele sub presiune *staționare*)*.

Recent, Sirani [11] a reabordat problemele specifice construirii (proiectării), fabricării (execuției uzinale), transportării și exploatării recipientelor-butelii *cilindrice* pentru gaze comprimate, bineînțeles, în atenție rămînînd buteliile *fără sudură* pentru presiuni manometrice înalte care se folosesc pe scară largă în industriile chimică, metalurgică, constructoare de mașini etc. Identificînd *indicatorul de eficiență* ai recipientelor-butelii prin volumul de gaze înmagazinate ce revine la unitatea de masă a recipientelor respective, Sirani comunică — pentru prezent (1988) — că acest indicator este

* În România, prescripțiile tehnice corespondente sînt cele PT ISCIR C 5—84 [14] și, respectiv, C 4—83 [15].

de aproximativ 0,18 $m^3_N/kg$ și insistă asupra importanței asigurării securității tehnice necesare a buteliilor în discuție pentru condiții de eficiență corespunzător de ridicată și de comoditate în exploatare.

În majoritatea cazurilor practice, costul recipientelor-butelii îl depășește cu mult pe cel al conținutului lor, ceea ce le impune necesitatea exploatării neîntrerupte îndelungate, de mai mulți ani (20...25 ani) și aceasta, evident, în condițiile încărcărilor (umplerilor) — descărcărilor (golirilor) multirepetate. În plus, așa cum se reprecizează de către Sirani, materialul de bază al corpului buteliei trebuie să preia tensiunile mecanice care se instaurează ca efect inevitabil al presurizării interioare și, totodată, să reziste la coroziunea pe care, eventual, o implică gazele comprimate avute în vedere. Sintetic, în [11] se expun și cerințele principale în vigoare, impuse prin standarde, norme și prescripții tehnice, cu privire la proiectarea, execuția, transportul și metodele de încercare ale buteliilor cilindrice fără sudură pentru gaze comprimate.

O perspectivă tentantă oferă recipientele-butelii necilindrice din *materiale compozite fibroase* (sticloplaste), cu sau fără strat *portant și etanș*, interior, metalic ori nemetalic (din cauciuc, termoplaste etc.), proiectarea optimală și calculul acestora constituind obiectul principal al lucrării [16].

De curînd, Rana [9] a comunicat unele dintre rezultatele studierii experimentale a caracteristicilor de rezistență ale recipientelor-butelii cilindrice fără sudură, pentru depozitarea gazelor comprimate, executate din oțelul 4134V cu $\sigma_r = 155...175$ ksi $= 1\,068...1\,206$ N/mm². Aceste recipiente-butelii, elaborate în cooperare de firmele nord-americane Linde Division of Union Carbide Corp. și Taylor-Wharton, au un consum de metal cu 48% mai redus decît cel corespunzător buteliilor executate potrivit normelor în vigoare în S.U.A.

Pentru experimentări s-au folosit recipiente-butelii cu diametrul (nominal) exterior $D_e = 229$ mm și cu grosimea (nominală) de perete $s_0 = 7{,}6$ mm, după tratamentul termic dublu (repetat) realizîndu-se o limită de curgere de ordinul $\sigma_c = 1\,102{,}4$ N/mm², deci $\sigma_c/\sigma_{r\,max} = 1\,102{,}4/1\,206 = 0{,}914$. În principal, scopul declarat al cercetărilor experimentale a fost acela al asigurării unui serviciu sigur *îndelungat*, în condiții de securitate tehnică *deplină*.

Cum se cunoaște, pentru recipientele-butelii în analiză, este de dorit ca cedarea *distructivă* să corespundă regimului pentru care fisura se extinde, propagîndu-se prin perete, astfel, încît gazele comprimate depozitate să fie expulzate în exterior fără descompunerea în fragmente a corpului buteliilor. Urmărindu-se determinarea indicatorilor de rezistență necesari pentru asigurarea unui asemenea regim de distrugere și folosindu-se metoda electrodetonantă, pe suprafața exterioară a corpului de bază *cilindric* al buteliilor s-au practicat fisuri inițiale, de formă semieliptică, cu lungimea de 25...76 mm și cu adîncimea $h_0$ diferită, astfel că $h_0/s_0 = 0{,}5...0{,}9$. Dintre recipientele-butelii testate experimental, patru s-au încercat pînă la distrugerea în circumstanțe de *oboseală*, pe seama creării tensiunilor mecanice ciclice prin metoda hidraulică, iar șase s-au încercat de asemenea pînă la distrugere, dar în urma solicitării *statice* prin creșterea neîntreruptă a presiunii hidraulice (presurizarea efectuîndu-se cu apă). Conform rezultatelor obținute, valorile *calculate* ale indicatorilor de rezistență, privind materialul recipientelor-butelii, s-au dovedit cu 4...25% mai mari decît cele *experimentale*.

O comunicare recentă a lui Brockenbrough [1] relatează detaliat despre efectuarea unor cercetări experimentale și teoretice privind rezistența la oboseală mecanică a *recipientelor cilindrice forjate*, fără sudură, de presiune înaltă, destinate depozitării gazelor tehnice comprimate. Testările experimentale au avut în vedere trei asemenea recipiente, executate din țeavă de oțel fără sudură, cu diametrul (nominal) exterior $D_e = 508$ mm* și grosimea de perete *minimă* $s_0 = 26{,}11$ mm, lungimea lor totală fiind $L_0 = 3\,050$ mm. Recipientele respective aveau extremitățile — ogivate sferic — echipate în pol cu cîte o gură de control, presiunea lor manometrică *maximă* de calcul, evaluată conform prevederilor codului ASME, reprezentînd $p_{max} = 259$ bar.

Urmărindu-se determinarea experimentală a duratei de serviciu în circumstanțele oboselii mecanice, pe rînd, fiecare dintre cele trei recipiente s-a solicitat multirepetat prin presurizare hidraulică, cu o intensitate egală cu 87% din $p_{max}$ (deci $p_{hmax} = 0{,}87\ p_{max} = 0{,}87 \cdot 259 =$ = circa 225 bar) și pentru un număr al ciclurilor pulsant/ondulant variabile $N = 175\,000...200\,000$. Concomitent, tensiunile mecanice corespunzătoare s-au măsurat cu traductori tensometrici electrorezistivi. În finalul experimentărilor, procedîndu-se la examinarea celor mai periculoase zone structurale, respectiv a zonelor de trecere la gîtul gurilor de control, nu a fost constatată apariția fisurilor de oboseală.

Analizele teoretice s-au fundamentat prin metoda elementelor finite (MEF), datele numerice corespunzătoare fiind furnizate de calculatorul electronic performant. Comparîndu-se aceste din urmă date cu rezultatele măsurărilor tensometrice, s-a constatat că MEF conduce la tensiuni mecanice care le depășesc cu circa 10% pe cele așa-zise reale, evidențiate

* Ca recipiente-butelii, nu se încadrează în PT ISCIR C 5–84 [14].

prin tensometrie electrorezistivă. Aşadar, a fost validată utilizarea MEF la determinarea prin calcul a duratei de serviciu, în condiţii de oboseală mecanică, pentru recipientele în discuţie, in extremis valorile astfel obţinute nefiind mai mici decît cele evaluate potrivit prescripţiilor tehnice existente şi consacrate ca atare. De altfel, pe baza cercetărilor proprii, experimentale şi teoretice, Brockenbrough [1] a elaborat o *metodă simplificată* pentru calculul — cu mare rezervă — al duratei de serviciu, considerînd rezistenţa la oboseală mecanică, a recipientelor destinate depozitării gazelor comprimate.

Alte aspecte, mai mult sau mai puţin cunoscute, privind stadiul fabricării şi utilizării recipientelor-butelii în diferite scopuri, sînt expuse şi examinate ca atare sau într-un context al unor prescripţii tehnice, legale şi oficiale, în lucrările [3, 8, 10, 12—14 etc.].

Un pericol inevaluabil ca predicţie a consecinţelor, implicînd mari riscuri tehnice, îl prezintă *exploziile de recipiente-butelii cu oxigen*, ale căror cauze principale posibile pot fi următoarele [4]:

1 — existenţa imperfecţiunilor şi viciilor ascunse de concepţie, proiectare, execuţie, testare şi manipulare, nefiind admise — indiferent de mărimea lor — crăpăturile, fisurile, sufluriile, stratificările, deformaţiile remanente/permanente, aşchierile, incluziunile nemetalice etc., de asemenea fragilizarea accentuată a metalului de bază;

2 — încălzirea nepermisă şi, deci, exagerată a corpului recipientului-butelie;

3 — inflamarea/aprinderea de substanţe organice care, întîmplător sau altcum, au pătruns în incinta recipientului-butelie;

4 — explozia de ulei/unsori/grăsimi în ventilul recipientului-butelie, în reductorul de presiune sau în liniile de comunicaţie corespunzătoare (furtunuri, tubulaturi, conducte etc.);

5 — explozia de amestecuri gazoase combustibile în interiorul recipientului-butelie propriu-zis.

**1.** Uzual, recipientele-butelii pentru oxigen gazos comprimat se execută din oţeluri speciale, carbon sau aliate, pentru o presiune de lucru maximă (presiune de încărcare) $p_i = p_{max} = 150$ bar şi o presiune de încercare hidraulică $p_h = 1{,}5\ p_{max} = 225$ bar. Calculul de rezistenţă al acestor recipiente-butelii se efectuează:

— pentru un coeficient de siguranţă $c_r = 3{,}0$, faţă de rezistenţa *minimă* de rupere $\sigma_r$, cînd presiunea de calcul este $p_c = p_i = p_{max} = 150$ bar — conform cu [4, 17];

— pentru un coeficient de siguranţă $c_c = 1{,}3$, faţă de limita tehnică de curgere *minimă* $\sigma_c = \sigma_{0,2}$, cînd presiunea de calcul este $p_c = p_h = 225$ bar — conform cu [14]; ...cum rezultă din anexă, coeficientul global (unic) de siguranţă $c_r = 3{,}0$ este exagerat şi nejustificat de mare, iar $c_c = 1{,}3$ este periculos, deci nepermis şi de asemenea nejustificat de mic. Din motive de securitate tehnică se impune, aşadar, adoptarea oficială a valorilor *minime* $c_c$ şi $c_r$ care se redau în tabelul 1, implicîndu-se astfel şi corectarea operabilă în PT ISCIR C 5—84 [14].

*Tabelul 1*

**Valorile minime ale coeficienţilor globali (unici) de siguranţă $c_c$ şi $c_r$ în cazul recipientelor-butelii pentru gazele comprimate cu $p_h = 1{,}5\ p_{max}$ (v. anexa)**

| Rezerva faţă de $\sigma_{c\ min}$, în % / Clasa de oţeluri | 10 | | 20 | |
|---|---|---|---|---|
| | $c_r$ | $c_c$ | $c_r$ | $c_c$ |
| Normalizate ($\sigma_c/\sigma_r \leq 0{,}8$) | 2,083 | 1,667 | 2,344 | 1,875 |
| Îmbunătăţite ($\sigma_c/\sigma_r \leq 0{,}9$) | 1,852 | 1,667 | 2,083 | 1,875 |

Cu ani în urmă, au fost consemnate cazuri de distrugere a recipientelor-butelii pentru oxigen, presurizate la interior, ca urmare directă a fragilizării accentuate (eventual la rece) a metalului de bază. De regulă, distrugerile respective, exteriorizate ca nişte explozii puternice de butelii (deşi nu erau explozii propriu-zise!)*, au survenit ca efect intempestiv al lovirii, şocării sau căderii (aruncării, prăbuşirii, răsturnării) ori coliziunii recipientelor-butelii încărcate şi, deci, presurizate cu intensităţi înalte. În prezent, asemenea stări de insecuritate tehnică, datorite — în principal — calităţii neconforme a materialului de bază din punctul de vedere al disponibilităţii de tenacitate, respectiv de nonfragilitate, practic (fiind vorba de recipiente-butelii noi sau destul de noi), nu se mai constată.

**2.** Este elementar ca, în incinta recipientului-butelie încărcat şi ermetizat (închis) în mod corespunzător, presiunea să-şi modifice intensitatea în funcţie de temperatura gazului comprimat. Ca urmare firească şi inevitabilă, în condiţiile unei încălziri apreciabile a buteliei cu oxigen, presiunea sa interioară îşi poate depăşi uşor intensitatea limită $p_d$ (presiunea de cedare distructivă prin plesnire/spargere) [8] şi, astfel, cauzează distrugerea brizantă a recipientului-butelie. Potrivit calculelor, asemenea stări grave de insecuritate tehnică pot surveni la temperaturi de peste 500 K [4] → 227°C, în condiţii de exploatare ele putînd fi numai cu totul *accidentale* (implicarea buteliilor

* V. cap. 16 în lucrarea: Pavel A. (coord.). *Siguranţa în funcţionare a utilajelor petrochimice*. Vol. 3. Bucureşti, Editura Tehnică, 1988, p. 177—248.

cu oxigen în incendii, aruncarea sau introducerea lor întîmplătoare în cuptoare, plasarea în zone cu radiație termică puternică etc.). Cînd condițiile de exploatare sînt *normale*, evident, distrugerile de butelii cu oxigen, pe considerente de efect termic, sînt excluse a priori.

**3.** Cazurile practice de contaminare a incintei interioare și de murdărire a suprafeței interioare, la recipientele-butelii pentru oxigen, cu uleiuri minerale, grăsimi și unsori, lacuri, vopsele și solvenți, bineînțeles, cu totul contrare prescripțiilor tehnice de exploatare, sînt foarte numeroase. Or, calculele de orientare efectuate, privind cantitatea de substanță organică a cărei inflamare duce la explodarea recipientelor-butelii, au demonstrat că explozia buteliilor de oxigen — inițiată de arderea în interiorul său a unei anumite substanțe organice — devine *iminentă*, ori de cîte ori cantitatea din substanța respectivă este suficient de mare, și anume de ordinul a 300...600 l [4].

În scopul determinării masei *minime* de substanță organică, corespunzătoare circumstanțelor *detonației*, Ivanov și colab. [4] au presupus că substanța nominalizată este distribuită *uniform*, sub forma unui *strat subțire*, pelicular, pe întreaga suprafață interioară a corpului de bază al recipientului-butelie. Pentru o presurizare cu oxigen gazos la nivelul de 50...150 bar, pelicula de ulei care poate detona are o grosime de numai cîțiva micrometri (μm). Experimental, însă, distrugerile de recipiente, comparabile — ca rezistență mecanică — cu buteliile de oxigen, au survenit pentru grosimi de 100...200 μm ale stratului pelicular de ulei. Admițîndu-se că suprafața interioară a recipientelor-butelii pentru oxigen ($V_0 = 40$ l) este egală cu circa 0,8 m$^2$, rezultă că, în mod necesar, cantitatea de substanță organică, cauzatoare a distrugerii explozive a buteliilor respective, este de 80...160 g. Evident, dată fiind probabilitatea mică a distribuției uniforme pe perete, la interior, a substanței organice, cantitatea sa reală, *explozivă*, trebuie să fie de cîteva ori mai mare decît cea menționată.

Așadar, distrugerea explozivă a recipientelor-butelii pentru oxigen gazos, ca urmare a pătrunderii în incinta lor a unor substanțe organice și succedată de inflamarea acestora sau de declanșarea unei detonații, poate surveni numai în condițiile cînd cantitatea dintr-o anumită substanță organică, determinată, este de ordinul *cîtorva sute de grame*. Asemenea cantități arareori pot fi acceptate ca întîmplătoare și, de regulă, sînt consecința încălcării flagrante a normelor de exploatare, recipientele-butelii în cauză fiind utilizate anterior și în cu totul alte scopuri.

**4.** Expertizîndu-se exploziile de recipiente-butelii pentru oxigen gazos, surprinzător de frecvent se reține drept cauză determinantă a evenimentului ca fiind explozia de ulei în ventilul (robinetul cu ventil al) buteliei, în reductorul de presiune sau în liniile de comunicație. Se poate dovedi cu facilitate, însă, că recipientul-butelie în sine nu poate fi distrus astfel, oricît de mare ar fi cantitatea de ulei sau de altă substanță organică similară, dacă ea se află în sistemul de comunicație din exteriorul buteliei și aceasta datorită secțiunii mici de trecere a robinetului cu ventil al recipientului-butelie, de asemenea datorită faptului că volumul tehnologic al liniilor de comunicație este considerabil mai mic decît cel nominal $V_0$ al buteliei de oxigen.

**5.** Pentru practică, explozia de amestecuri gazoase combustibile în incinta recipientului-butelie constituie una dintre cele mai importante și semnificative cauze ale distrugerii brizante a buteliilor pentru oxigen gazos.

În condițiile inflamării/arderii amestecului gazos combustibil într-o incintă *închisă*, presiunea din incinta respectivă după ardere (presiunea finală) $p_f$, în bar abs., se determină din egalitatea [4]:

$$\frac{p_0}{p_f}\,\frac{T_f}{T_0}\,\frac{\nu_f}{\nu_0} = 1,$$

în care: indicele *zero* se referă la starea *inițială*, anterioară inflamării; indicele $f \rightarrow$ starea *finală*, imediat ulterioară arderii; $p_0$ — presiunea din incintă înainte de inflamare (presiunea inițială), în bar abs.; $T_{0,f}$ — temperatura termodinamică din incintă înainte de inflamare (temperatura inițială) și, respectiv, cea de ardere (temperatura flăcării), în K; $\nu_{0,f}$ — numărul molilor de gaze înainte de (inițial) și după (final) inflamare/ardere. Așadar, rezultă:

$$p_f = p_0(\nu_f T_f/\nu_0 T_0).$$

De regulă, în circumstanțele de inflamare/ardere, numărul molilor de gaze se modifică nesemnificativ, putîndu-se admite că $\nu_f/\nu_0 \approx \approx 1$, iar temperatura flăcării se înscrie în intervalul $T_f = 1\,500 \ldots 3\,000$ K $= 1\,227 \ldots 2\,727$°C. Prin urmare, întrucît $T_f = (5 \ldots 10)\ T_0$, se obține $p_f = (5 \ldots 10)p_0$, valorile mai mici revenind limitei *inferioare* a pragului de inflamabilitate (LIP), iar cele mai mari — limitei *superioare* a pragului de inflamabilitate (LSP).

Pentru evaluarea impurificării *minimale* a incintei de butelie, se va considera că, într-un anumit recipient-butelie de oxigen, se formează un amestec combustibil cu compoziție apropiată de LIP, deci $T_f = 1\,500$ K $= 1\,227$°C și $p_f = 5p_0$. Acceptînd ipoteza conform căreia distrugerea recipientului-butelie respectiv survine în aceste din urmă condiții, pentru $c_r = 2{,}344$ (tab. 1) și $p_{max} = 150$ bar, rezultă:

$$p_0 = 2{,}344 \quad p_{max} \equiv p_f = 5p_0$$

și, deci, se obține :

$$p_0 = \frac{2{,}344\, p_{max}}{5} = \frac{2{,}344 \cdot 150}{5} = 70{,}32 \text{ bar.}$$

Așadar, distrugerea *prin explozie* a recipientelor-butelii de oxigen cu $p_{max} = 150$ bar este posibilă la inflamarea amestecului combustibil cu compoziția la nivelul LIP, dacă presiunea din incinta lor (presiunea inițială) este de ordinul $p_0 \approx 70$ bar, pentru $c_r = 2{,}344$ sau $p_0 \approx 90$ bar, pentru $c_r = 3{,}000$. Evident, în aceste din urmă condiții barice (90 bar), cantitatea necesară de gaze combustibile propriu-zise va depinde de natura gazului (gazelor, vaporilor) care impurifică oxigenul și ea va corespunde următoarei presiuni parțiale $p_p$( în bar abs., mențiunile fiind exemplificative) [4] : 4,50 pentru *metan* (LIP $\rightarrow$ 5% vol. $CH_4$) ; 1,40 pentru *propan* și *acetilenă* (LIP $\rightarrow$ 2,3% vol. $C_3H_8$) ; 1,08 pentru *butan* (LIP $\rightarrow$ 1,8% vol. $C_4H_{10}$), de asemenea pentru *petrol lampant*. Se constată că, în numeroase cazuri practice, explodarea recipientelor-butelii pentru oxigen gazos se poate datori unei impurificări *minore* ($p_p = 1{,}0 \ldots 1{,}5$ bar abs.) cu gaze combustibile.

Presiunile care apar *local*, în circumstanțele regimurilor *detonant* și de *ardere rapidă*, pot ajunge la intensități care să depășească de sute de ori presiunea inițială $p_0$. Iată de ce distrugerea explozivă brizantă a recipientelor-butelii de oxigen, ca o consecință tragică a impurificării cu gaze combustibile, este posibilă chiar și atunci cînd amestecul de gaze-oxigen se află la presiune atmosferică. Prin urmare, impurificarea cu cantități de-a dreptul nesemnificative ($p_p$ de ordinul zecimilor de bar) de gaze combustibile a buteliilor pentru oxigen constituie un *mare pericol real de distrugere intempestivă*, prin explozie, a buteliilor respective și, deci, se identifică cu o *primejdioasă sursă de insecuritate tehnică*.

*

Riscurile și sursele de insecuritate tehnică, pe care le implică utilizarea de recipiente-butelii cu (pentru) oxigen gazos în procesele mecanotehnologice de sudare și tăiere a oțelurilor și a altor materiale metalice tehnice, sînt studiate de Ivanov — Narkunski — Melihov — Ciukardin în finalul lucrării [4], consemnîndu-se că, într-o serie de cazuri practice, s-a reușit evitarea explodării buteliilor de oxigen încărcate, în care a fost detectată prezența unui gaz combustibil (pînă la 2,5%). La acestea, surse de inflamare/aprindere puteau fi : șocurile inverse (reflectate) ; undele de șoc și undele de compresie la deschiderea robinetelor cu ventil ; aprinderea micilor particule organice, antrenate în fluxul de oxigen și frecate de perete ș.a.

Analiza efectuată anterior, privind cauzele posibile generatoare de explozii ale recipientelor-butelii de (pentru) oxigen gazos, permite a se conchide că sursele principale și cele mai probabile de cedare prin distrugere explozivă brizantă sînt :

- nerespectarea și, deci, încălcarea prescripțiilor tehnice de exploatare, constînd — în principal — din : descărcarea/golirea practic completă a oxigenului din butelie ; schimbarea destinației de utilizare în mod fraudulos ; încărcarea/umplerea buteliilor cu substanțe organice (mai cu seamă în cantități mari) ;
- abaterile de la normele de efectuare a lucrărilor cu flacără oxigaz, constînd — de asemenea în principal — din : facla improvizată ; presiunea manometrică ridicată a gazului combustibil ; neînchiderea ventilului la arzător (suflai) cînd se înlocuiesc buteliile de oxigen.

În continuare, se analizează două evenimente tehnice nefericite în care au fost implicate exploziile de recipiente-butelii pentru gaze lichefiate sau comprimate.

**Explozia unei butelii de clorură de metil** [2]. Toate prescripțiile tehnice cunoscute, oficial aflate în vigoare în țările europene și în alte țări, obligă ca *manipularea* recipientelor-butelii pentru gaze comprimate, lichefiate sau dizolvate să se efectueze astfel, încît să fie evitată expunerea lor la temperaturi mai ridicate decît 40°C. Nerespectarea voluntară sau inconștientă a acestei restricții, chiar în cazul unor persoane cu pregătire profesională autoritară, poate să se soldeze cu accidente grave sau cu evenimente de-a dreptul tragice, deoarece, ca urmare a creșterii presiunii interioare la temperaturi ale gazelor comprimate de peste 40°C, recipientele-butelii în cauză pot ceda intempestiv și exploziv, dînd efecte brizante cu totul neașteptate, prin plesnire/spargere.

Concludent în acest sens este cazul unui lăcătuș-montor, specializat în instalațiile de răcire, a cărui misiune profesională de rutină a fost — într-o friguroasă zi de iarnă — revizuirea unei asemenea instalații și completarea sa cu agentul frigorigen (frigorifer), care era clorura de metil. Pentru a accelera transferul de agent frigorigen dintr-o butelie cu o încărcătură nominală de 4,28 kg de clorură de metil în circuitul instalației de răcire, butelia respectivă a fost cufundată, pe jumătate, într-o găleată din material plastic cu apă fierbinte. Numai la cîteva clipe după aceasta, butelia avînd o masă proprie de aproximativ 6 kg a cedat violent, exploziv și cu zgomot puternic, plesnind pe toată lungimea sa și provocînd grave leziuni muncitorului operator. Ajutorul acestuia a pătimit mai puțin ; fiind doar stropit pe față cu apă caldă și cu clorură de metil, el s-a putut autoevacua din camera inundată cu vapori de clorură și a solicitat ajutor pentru cel grav rănit. De altfel, salvarea

de la deces a victimei principale s-a datorat numai unei fericite întîmplări, în imediata apropiere aflîndu-se, chiar în momentul producerii evenimentului, un medic, care i-a şi acordat de urgenţă primul ajutor calificat.

Procedîndu-se la analiza cauzelor *probabile* ale evenimentului, a priori a fost exclusă alternativa supraîncărcării buteliei cu clorură de metil (încărcătura maximă prescrisă fiind de 4,8 kg), deoarece:

a) la încărcare/umplere, butelia respectivă a fost cîntărită;

b) anterior, din butelie se mai descărcase clorură de metil (ceea ce a fost favorabil chiar în situaţia unei cîntăriri greşite);

c) dacă butelia era plină 100% cu agent frigorigen, atunci, ca urmare a creşterii de temperatură, presiunea interioară ar fi fost numai de natură hidraulică (fiind, deci, exclusă presurizarea interioară de natură pneumatică) şi cedarea sa prin plesnire riguros longitudinală s-ar fi produs fără urmările menţionate.

Cauzele *posibile*, mai mult sau mai puţin asociate, ale evenimentului în analiză au putut fi următoarele:

1) *supraîncălzirea* buteliei la temperatură deasupra nivelului de 40°C, în momentul cufundării sale în găleata cu apă fierbinte;

2) încălzirea buteliei cu ventilul său *închis*;

3) încălzirea *bruscă* a buteliei, ceea ce a implicat o creştere rapidă a presiunii sale interioare, după cum urmează: la 0°C →1,5 bar; la 30°C → →6,0 bar; la 60°C →13,0 bar; la 80°C →20,0 bar;

4) încălzirea *parţială* a buteliei, cufundate numai pe jumătate în apa fierbinte, ceea ce a generat o solicitare neuniformă a corpului şi s-a putut constitui în *factorul determinant probabil* al cedării peretelui la amplificarea presiunii interioare;

5) *vechimea* buteliei, care nu a mai fost revizuită şi controlată în decursul ultimilor săi zece ani (contrar prescripţiilor, care impun scadenţe de maximum cinci ani); or, a fost foarte posibilă *corodarea* la interior a corpului de butelie, mai ales cînd transvazarea clorurii de metil s-a efectuat din instalaţiile de răcire în butelia propriu-zisă.

Pentru evitarea unor evenimente tehnice similare, se impune reţinerea următoarelor acţiuni:

- verificarea buteliilor de clorură de metil să se efectueze *riguros*, potrivit normelor, dar nu mai tîrziu decît la fiecare 5 ani; printre celelalte, verificarea va include cîntărirea buteliei şi o încercare de presiune hidraulică; evident, cînd se constată pierderea de masă metalică proprie, se poate presupune că, la interior, a avut loc o deteriorare prin coroziune;

- încălzirea buteliilor respective, în scopul accelerării procesului de transvazare, să se efectueze numai cu ventilul propriu deschis;

- încălzirea în acelaşi scop a buteliilor să se limiteze la maximum 40°C (cînd presiunea de vapori a clorurii de metil este de 7,5 bar) şi să se asigure lent, treptat şi uniform pe întreaga lor suprafaţă.

**Explozia unei butelii de oxigen.** În cadrul unei uzine cu profil de *construcţii de maşini*, elaborarea oţelului pentru necesităţile proprii se realizează în cuptoare electrice. Potrivit procesului tehnologic, omologat şi materializat ca atare prin fişe de operare, instrucţiuni de lucru şi norme de protecţie a muncii, încărcarea cu „fier vechi" a fiecărui cuptor se efectuează cu ajutorul unor bene (boxe), transportabile cu mijloace autovehicule şi depozitate — pe suporturi special amenajate — în hala atelierului, după încărcarea lor corespunzătoare la aşa-numita gospodărie de metal vechi a uzinei. Atunci cînd, în vederea elaborării unei noi şarje de oţel, unul dintre cuptoarele electrice urmează a fi încărcat cu metal („fier") vechi, bena/boxa respectivă, al cărui fund este asigurat prin lanţuri, legate cu sîrmă avînd diametrul de cel mult 8 mm, împotriva căderii fragmentelor metalice, se ridică cu ajutorul unui pod rulant, se aduce deasupra cuptorului şi se lansează în cuva acestuia pînă cînd partea inferioară a benei (boxei) ajunge la 200...250 mm deasupra vetrei. În acest moment, pentru eliberarea încărcăturii de metal vechi şi căderea acesteia pe vatra cuptorului, sîrma lanţurilor de asigurare de la partea inferioară se taie cu *lancea de oxigen*. Cum se ştie, lancea este un dispozitiv format, în principal, din două ţevi concentrice — ţeavă interioară din oţel şi ţeavă exterioară din cupru —, ţeava din oţel are un capăt conexat flexibil la o sursă de oxigen, proprie atelierului, iar celălalt capăt, liber, este încălzit — la o sursă adecvată şi concomitent cu insuflarea de oxigen* (prin ţeava interioară) — pînă la incandescenţă**. Evident, capătul incandescent al lancei este cel cu care se „taie" sîrma lanţurilor de asigurare a fundului benei (boxei).

Circumstanţele evenimentului nefericit, survenit într-o zi de sfîrşit de decembrie, în jurul orei 15h15min, au fost următoarele:

- întrucît, prin DAS (declanşarea automată a sarcinii), alimentarea cu energie electrică a staţiei de oxigen era întreruptă, reţeaua proprie de oxigen devenise inutilizabilă;

- sursa de oxigen a constituit-o un recipient-butelie anterior nefolosit (deci încărcat nominal), preluat ca atare din stelajul special amenajat în atelier (la circa 12 m de cuptorul electric) pentru buteliile de oxigen şi transportat înclinat — cu susţinere la nivelul ogivei

---

* În mod normal, alimentarea cu oxigen se asigură din reţeaua de distribuţie proprie a atelierului, în care presiunea maximă poate ajunge pînă la 16 bar.

** Prin efectul temperaturii foarte ridicate, datorite reacţiilor chimice exoterme corespunzătoare.

superioare — de către un muncitor-oţelar, prin rostogolire rulată pe pardoseala halei, pînă la circa 5 m faţă de cuptor, unde s-a poziţionat vertical;

- lancea, echipată cu furtun de cauciuc, s-a racordat prin intermediul acestuia şi printr-o reducţie de cupru, de către acelaşi muncitor-oţelar, la robinetul cu ventil al buteliei de oxigen, deci fără a se intercala reductorul de presiune corespunzător;
- sursa de încălzire a capătului de lance a constituit-o bucata de cocs petrolier, pe care şeful echipei de topitori a aprins-o lîngă groapa cuptorului, la aproximativ 5 m faţă de recipientul-butelie cu oxigen;
- bena (boxa) cu metal vechi s-a adus în atelier, chiar în momentul încărcării cuptorului electric, cu o autobasculantă, condusă de către un şofer profesionist;
- după ridicarea benei (boxei) cu podul rulant, manipulat de către un macaragiu-podar autorizat şi introducerea sa în cuva cuptorului electric de trei tone, autobasculanta a rămas pe loc, împreună cu şoferul său;
- în atelier se mai afla încă o autobasculantă, staţionată lîngă cuptorul electric de 1,5 t;
- în preajma cuptoarelor electrice şi în imediata apropiere a locului evenimentului se aflau şi alţi muncitori.

Procedîndu-se la pregătirea pentru tăierea sîrmei, şeful de echipă a apropiat capătul lancei de cocsul aprins şi a cerut oţelarului să deschidă robinetul (ventilul) buteliei de oxigen, în vederea aducerii la incandescenţă a extremităţii libere a ţevii de oţel (interioare). Cum, după cîteva asemenea tentative, derulate în decursul a 2...3 min, nu s-a constatat incandescenţa capătului de lance, şeful de echipă a solicitat oţelarului deschiderea în continuare a robinetului (ventilului), bineînţeles, pentru mărirea debitului de oxigen. Manevrîndu-se iarăşi rozeta robinetului cu ventil, de către acelaşi oţelar, macaragiul-podar a observat — de la înălţimea podului rulant — ivirea unei flăcări pe lance şi apoi imediat pe furtunul lancei, care înainta repede înspre recipientul-butelie cu oxigen. Strigînd „foc", podarul şi-a deconectat alimentarea cu energie electrică şi s-a aruncat pe pardoseala cabinei sale. Aproape simultan s-a produs o explozie puternică, în urma căreia s-au constatat:

— distrugerea totală a buteliei de oxigen, ceea ce a făcut imposibilă identificarea completă a inscripţionării sale; fundul de butelie, în stare aplatisată, împreună cu unele mici fragmente de corp şi cu robinetul (ventilul) ataşat unui mic fragment din ogiva superioară, s-au găsit în zona în care s-a aflat butelia integrală; restul de butelie s-a fragmentat brizant, schijele rezultate — în cea mai mare parte nemaifiind găsite! — împrăştiindu-se în spaţiul halei, pe distanţe de pînă la circa 40 m sau chiar străpungînd plafonul din beton armat al atelierului; pe robinetul cu ventil nu s-au detectat urme ale afumării; prin observarea/examinarea directă a fragmentelor recuperate, au mai fost evidenţiate: deformări/distorsionări ca efect al unei solicitări de întindere, secţiuni cu grosime de perete variabilă faţă de cea nominală şi amprente de culoare (albastru spre violet, în casură) semnificînd existenţa unei temperaturi ridicate;

— topirea completă a lancei;

— ruperea în mai multe bucăţi, aproximativ egale (circa 1 m), a furtunului de racordare a lancei la butelia de oxigen;

— avarierea celor două autobasculante aflate în hala atelierului;

— decesul a patru persoane (şeful echipei de topitori, topitorul, şarjatorul şi conducătorul autobasculantei), de asemenea accidentarea cu incapacitate temporară de muncă a unei persoane (zidar-şamotor, aflat în imediata apropiere); două dintre persoanele decedate (şeful de echipă şi topitorul) se aflau în uşa de intrare la pupitrul de comandă al cuptorului electric, deci într-un alt loc decît cel iniţial, ceea ce îngăduie a se admite că persoanele respective au încercat să se salveze imediat cum au văzut flacăra pe lance sau pe furtun.

Faţă de cele menţionate în lucrarea prezentă cu privire la securitatea tehnică a recipientelor-butelii pentru oxigen, în cazul evenimentului relatat, *cauze posibile* ale exploziei de butelie au putut fi următoarele:

1) arderea explozivă a uleiului/grăsimilor în robinetul cu ventil sau/şi în furtunul de racordare al lancei;

2) reacţia în lanţ, cu trecerea oxigenului din starea moleculară în cea atomară, iniţiată de către unda de şoc datorită unei explozii aşa-zise primare în exteriorul buteliei (în lance sau în furtun);

3) inflamarea în interiorul buteliei, detonantă, a unui amestec exploziv, respectiv a unui amestec de oxigen şi gaze combustibile (eventual vapori combustibili);

4) existenţa unui proces de coroziune puternică în interiorul buteliei (evident, ulterior celei din urmă reautorizări ISCIR), care a implicat o diminuare nepermisă a capacităţii sale portante în circumstanţe de presurizare interioară pneumatică.

**1.** Această cauză se reţine doar parţial şi, eventual, numai ca amorsă de iniţiere a exploziei, argumentarea fiind următoarea:

— la folosirea oxigenului din butelie, reductorul de presiune nu a fost montat în circuit;

— furtunul lancei a fost de tip obişnuit şi nu de tip special, pentru oxigen, anterior fiind utilizat şi în alte scopuri, ceea ce a facilitat amprentarea sa cu diferite substanţe organice;

— racordarea furtunului de lance la butelia de oxigen și manevrarea rozetei robinetului cu ventil s-au efectuat de către muncitorul-topitor fără mănuși, în zonele respective implicîndu-se astfel riscul contactării oxigenului cu unele grăsimi (eventual aflate pe mîinile operatorului).

2. Această cauză de asemenea se reține parțial, deoarece:

- s-a observat cum lancea devenea incandescentă, iar flacăra se propaga cu rapiditate, prin furtunul de cauciuc, înspre butelia de oxigen;
- racordarea la butelie a furtunului s-a materializat fără reductorul de presiune, echipat cu robinete (ventile) de deschidere-reglare-închidere și manometre, ceea ce a facilitat descărcarea din butelie — într-un timp foarte scurt — a unei enorme cantități de oxigen.

De altfel, în literatura de specialitate [19 etc.] se consemnează, în plus, că: *a*) la debite de oxigen mai mari decît 200 ml/min, la contactul cu oxigenul, lancea de oțel se aprinde; *b*) într-un element tubular, compresia datorită arderii lente, inițiate ca atare, generează o undă de șoc ce se propagă cu viteză mai mare decît viteza sunetului; *c*) în condiții determinate, unda de șoc se poate propaga cu viteze care depășesc de zece ori viteza sunetului; *d*) în frontul unei unde de șoc termice, temperatura ajunge la 22 000 K și chiar mai mult; *e*) la temperaturi de peste 1 500°C, moleculele de oxigen disociază în atomi.

3. În interiorul buteliei, amestecul exploziv format putea fi de tipul oxigen + acetilenă, oxigen + hidrogen, oxigen + fracții $C_{3,4}$ sau oxigen + alte gaze combustibile, acestea din urmă (eventual în stadiul de vapori combustibili) provenind dintr-o încărcare/umplere anterioară cu alte gaze inflamabile sau chiar cu benzină, petrol lampant, motorină etc. Inițierea exploziei în amestecul respectiv s-a identificat cu aprinderea extremității de lance, aceasta fiind imediat urmată de amorsarea unei explozii primare (inițiale, precoce) în lancea propriu-zisă sau în furtunul de cauciuc (evident, datorită eventualei prezențe rebele a anumitor substanțe organice), respectiv de propagarea pe lance și furtun, pînă la recipientul-butelie, a undei de șoc. Sigur, absența reductorului de presiune a favorizat determinant penetrarea undei de șoc în interiorul buteliei cu oxigen impurificat. De altfel, asemenea cazuri de explozii au mai fost înregistrate atît la noi în țară, cît și în străinătate.

Faptul că recipientul-butelie a cedat brizant, corpul de bază cilindric descompunîndu-se în numeroase mici fragmente, fundul inferior aplatisîndu-se și ogiva superioară (calota) dezmembrîndu-se (deși era substanțial supradimensionată → $s_0 = 20$ mm), atestă indubitabil că explozia propriu-zisă s-a produs *în interiorul buteliei* de oxigen, generînd presiuni (pneumatice) cu mult peste 300 bar.

4. Pe fragmentele de butelie recuperate nu au fost detectate nici un fel de urme de coroziune locală sau generală. De altfel, modul cum a cedat butelia — prin explozie *brizantă*, cu fragmentare multiplă — nu poate fi asociat, din punct de vedere tehnic, cu efecte cunoscute ale unei coroziuni mai mult sau mai puțin avansate.

În final, se poate conchide, așadar, că *principala cauză* a autodistrugerii buteliei de oxigen și, prin urmare, a generării evenimentului dezastruos analizat a constituit-o prezența — probabil frauduloasă a — unui amestec exploziv în incinta recipientului-butelie, respectiv inflamarea detonantă a acestuia fie datorită deschiderii violente a robinetului cu ventil, în vederea măririi debitului de oxigen, fie datorită undei de șoc termice, inițiate de aprinderea neconformă a lancei și nicidecum de către o flacără pătrunsă din exterior (v. cauza 3). Drept *favorizante*, în măsura precizată, se rețin cauzele 1 și 2, asociate cu alte circumstanțe, tehnico-organizatorice, și anume: inexistența controlului atent și permanent al recipientelor-butelii aduse pentru încărcare/umplere la fabrica de produs și îmbuteliat oxigen; absența evidenței permanente și exacte, pe serii, a recipientelor-butelii încărcate cu oxigen, respectiv a livrării acestora, și ignorarea scadențelor de verificare; verificarea subiectivă, incompletă și defectuoasă, a presiunii remanente (doar prin simpla deschidere de scurtă durată a robinetului cu ventil al buteliei) și a conținutului de gaz rezidual (doar prin mirosul uman și sesizarea de scurgere zgomotoasă) în incinta recipientului-butelie; implicarea în recepția și manipularea recipientelor-butelii de oxigen a personalului muncitor necalificat în mod corespunzător și neautorizat conform legislației tehnice în vigoare; neinscripționarea tuturor recipientelor-butelii pentru oxigen potrivit normelor; nefolosirea la fabrica de oxigen a atelierului propriu special, utilat în mod corespunzător pentru verificarea la scadențele prevăzute de norme, spălarea și eventuala reparare a recipientelor-butelii respinse la linia de îmbuteliere; ignorarea totală a obligativității legale privind efectuarea de analize periodice pentru aerul aspirat în instalațiile de producere a oxigenului (urmărindu-se în mod deosebit impurificarea cu hidrocarburi → acetilenă ș.a.) și pentru oxigenul tehnic pur livrat la consum; depozitarea de recipiente-butelii, încărcate/umplute cu oxigen gazos comprimat, direct la locul consumului și, deci, contrar prevederilor normelor de securitate tehnică și protecție a muncii etc.

Necesitatea prevenirii de evenimente (accidente, avarii, explozii etc.) în utilizarea recipientelor-butelii de oxigen gazos comprimat face obligatorie adoptarea de măsuri tehnico-

organizatorice *speciale*, în acest sens sugerîndu-se :

**a)** eliminarea tuturor posibilităţilor, identificate, de impurificare a conţinutului din recipientele-butelii pentru oxigen gazos comprimat prin :

— efectuarea de analize zilnice privind compoziţia aerului aspirat în instalaţiile de fabricat oxigen gazos comprimat şi puritatea oxigenului îmbuteliat ca atare ;

— organizarea unei evidenţe riguroase şi stricte privind : ● la furnizorul de oxigen →recipientele-butelii sosite, goale, cele respinse la îmbuteliere şi cele trimise la verificare/curăţare/reparare, respectiv cele încărcate şi livrate ca atare ; ● la consumatorul de oxigen →recipientele-butelii primite şi recepţionate, cele folosite ca atare şi, deci, golite, respectiv cele returnate spre reîmbuteliere sau refuzate ;

— elaborarea potrivit metodologiei în vigoare de regulamente şi instrucţiuni de operare, pentru staţiile de îmbuteliere a oxigenului gazos comprimat, a căror respectare nefacultativă să poată fi controlată oricînd, abaterile fiind sancţionate conform legii ;

— efectuarea unor studii tehnice speciale, cu finalitate practică, privind : ● excluderea reală a alternativelor de pătrundere a acetilenei din generatoarele de acetilenă, din reţeaua de acetilenă sau din buteliile (tuburile) de acetilenă în recipientele-butelii pentru oxigen gazos comprimat, atunci cînd presiunea manometrică în ultimele scade sub cea din primele ; ● asigurarea în recipientele-butelii de oxigen a unei presiuni remanente de circa 2,5 bar, faţă de cea egală cu 0,5 bar, admisă în mod uzual: ● dotarea staţiilor de îmbuteliere a oxigenului gazos comprimat cu dispozitive, eventual originale, de detectare rapidă a prezenţei impurificatorilor tipici (acetilenă, propan, butan, vapori de benzină, gaze petroliere lichefiate de tip aragaz etc.) în recipientele-butelii preluate spre încărcare ;

**b)** reinstruirea şi testarea profesională a personalului din sistemul fabricaţiei, transportării şi utilizării oxigenului gazos comprimat şi îmbuteliat ca atare, respectiv revizuirea tehnică a reţelelor de distribuire a gazelor (tehnice) sub presiune în scopuri industriale, concomitent impunîndu-se intensificarea controlului şi autocontrolului din punctul de vedere al respectării regulamentelor de fabricaţie, instrucţiunilor de lucru, prescripţiilor de securitate tehnică şi normelor de protecţie a muncii ;

**c)** revederea şi, eventual, actualizarea regulamentului de operare şi a instrucţiunilor de lucru privind operaţia metalurgotehnologică de încărcare cu metal vechi a cuptoarelor electrice de oţel, respectarea metodologiei stabilite fiind impusă ca obligatorie.

**Anexă**

**Calculul coeficienţilor de siguranţă**

**1.** Considerîndu-se recipientul-butelie de oxigen, să se determine coeficientul global (unic) de siguranţă $c_r$, faţă de rezistenţa *minimă* de rupere $\sigma_r$, în circumstanţele asigurării condiţiei corespunzătoare de rezistenţă la încercarea de presiune hidraulică.

*Rezolvare* [18]

Întrucît :

$$p_h = 1{,}5\ p_{max}, \tag{1}$$

condiţia de rezistenţă, la încercarea de presiune hidraulică, se formulează astfel (deoarece se impune ca, întotdeauna, $\sigma_{max} \leqslant \sigma_a$) :

$$\sigma_h = 1{,}5\ \sigma_{max} \leqslant 1{,}5\ \sigma_a \leqslant 0{,}8\ \sigma_c, \tag{2}$$

unde :

$p_{max}$ = $p_t$ este presiunea de lucru maximă (presiunea manometrică de încărcare 150 bar), în bar ;

$p_h$ — presiunea de încercare hidraulică, în bar ;

$\sigma_h$ — tensiunea mecanică efectivă din peretele recipientului-butelie în condiţiile încercării de presiune hidraulică, în N/mm² ;

$\sigma_{max}$ — idem, în condiţiile încărcării la presiunea manometrică $p_{max} = p_t = 150$ bar, în N/mm² ;

$\sigma_a$ — rezistenţa admisibilă pentru materialul de bază al corpului recipientului-butelie, în N/mm² ;

0,8 — factorul numeric considerînd precizia determinării valorii $\sigma_c = \sigma_{0,2}$ şi, de asemenea, precizia determinării prin calcul (sau prin măsurări) a tensiunilor mecanice efective pentru situaţia nominalizată (încercare hidraulică sau încărcare normală) ;

$\sigma_c = \sigma_{0,2}$ — limita tehnică de curgere, minimă, a materialului de bază al corpului de recipient-butelie, în N/mm².

Dacă se are în vedere restricţia [14] :

● pentru oţelurile normalizate :

$$\sigma_c/\sigma_r \leqslant 0{,}8 ; \tag{3}$$

● pentru oţelurile îmbunătăţite :

$$\sigma_c/\sigma_r \leqslant 0{,}9, \tag{4}$$

se poate scrie :

$1{,}5\ \sigma_a \leqslant 0{,}8 \cdot 0{,}8\ \sigma_r$, respectiv $1{,}5\ \sigma_a \leqslant 0{,}8 \cdot 0{,}9\ \sigma_r$, (5 ; 6)

de unde se obţine :

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_a} = c_r \geqslant \frac{1{,}5}{0{,}8 \cdot 0{,}8} = 2{,}344, \quad \text{respectiv} \quad \frac{\sigma_r}{\sigma_a} = c_r \geqslant \frac{1{,}5}{0{,}8 \cdot 0{,}9} = 2{,}083, \tag{7 ; 8}$$

rezultînd, deci, următoarele formule de calcul pentru rezistenţa admisibilă :

● în cazul oţelurilor normalizate ($c_{r\,min} = 2{,}344$) :

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_r}{c_{r\,min}} = \frac{\sigma_r}{2{,}344} = 0{,}4266\ \sigma_r ; \tag{9}$$

● în cazul oţelurilor îmbunătăţite ($c_{r\,min} = 2{,}083$) :

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_r}{c_{r\,min}} = \frac{\sigma_r}{2{,}083} = 0{,}4801\ \sigma_r. \tag{10}$$

Cînd factorul numeric 0,8 în (2) se înlocuieşte prin factorul numeric 0,9, care, evident, implică stări cu mult mai hazardate, condiţia de rezistenţă — în circumstanţele încercării de presiune hidraulică — se formulează astfel :

$$\sigma_h = 1{,}5\ \sigma_{max} \leqslant 1{,}5\ \sigma_a \leqslant 0{,}9\ \sigma_c, \tag{11}$$

în final rezultînd :

• în cazul oţelurilor normalizate ($c_{r\,min} = 2{,}083$) :

$$\sigma_a < \frac{\sigma_r}{c_{r\,min}} = \frac{\sigma_r}{2{,}083} = 0{,}4801\ \sigma_r ; \qquad (12)$$

• în cazul oţelurilor îmbunătăţite ($c_{r\,min} = 1{,}8519$) :

$$\sigma_a < \frac{\sigma_r}{c_{r\,min}} = \frac{\sigma_r}{1{,}8519} = 0{,}5400\ \sigma_r . \qquad (13)$$

**2.** Pentru recipientul-butelie de oxigen din aplicaţia numerică precedentă, să se determine coeficientul global (unic) de siguranţă $c_c$, faţă de limita tehnică de curgere *minimă* $\sigma_c = \sigma_{0,2}$, în contextul asigurării condiţiei corespunzătoare de rezistenţă la încercarea de presiune hidraulică.

*Rezolvare* [18]

Atît pentru oţelurile normalizate, cît şi pentru cele îmbunătăţite, de această dată, din condiţia de rezistenţă (2) se obţine :

$$1{,}5\ \sigma_a < 0{,}8\ \sigma_c = \sigma_c/1{,}25, \qquad (14)$$

deci :

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_a} = c_c \geqslant \frac{1{,}5}{0{,}8} = 1{,}5 \cdot 1{,}25 = 1{,}8750, \qquad (15)$$

astfel că :

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_c}{c_{c\,min}} = \frac{\sigma_{0,2}}{1{,}8750} = 0{,}5333\ \sigma_{0,2}, \qquad (16)$$

iar din condiţia de rezistenţă (11) rezultă :

$$1{,}5\ \sigma_a < 0{,}9\sigma_c = \sigma_c/1{,}1111, \qquad (17)$$

deci :

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_a} = c_c \geqslant \frac{1{,}5}{0{,}9} = 1{,}5 \cdot 1{,}1111 = 1{,}6667, \qquad (18)$$

astfel că :

$$\sigma_a < \frac{\sigma_c}{c_{c\,min}} = \frac{\sigma_{0,2}}{1{,}6667} = 0{,}6000\ \sigma_{0,2}. \qquad (19)$$

**3.** Potrivit formulei de dimensionare (1) [14, p. 13], corespunde (evident, în alternativa de încercare prin presurizare hidraulică) :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{c\,min}}{c_c} = \frac{\sigma_{c\,min}}{1{,}3} = 0{,}7692\ \sigma_{c\,min}, \qquad (20)$$

din condiţiile de rezistenţă (14) şi (17), reformulate astfel (la limită) :

$$1{,}5\ \sigma_a = k\sigma_{c\,min}, \qquad (21)$$

rezultînd :

$$1{,}5\ (0{,}7692\ \sigma_{c\,min}) = k\sigma_{c\,min}, \qquad (22)$$

ceea ce înseamnă că :

$$k = 1{,}5 \cdot 0{,}7692 = 1{,}1538 > 1{,}0000, \qquad (23)$$

respectiv :

$$1{,}5\ \sigma_a = 1{,}1538\ \sigma_{c\,min}. \qquad (24)$$

Aşadar, într-o manieră involuntar mascată, în condiţiile încercării de presiune hidraulică a recipientelor-butelii pentru oxigen şi pentru alte gaze comprimate, fiind asigurată egalitatea (1), se implică depăşirea cu cel puţin 15% a limitei tehnice de curgere minime a materialului corpului de bază.

Ca urmare, se impune operarea unei *corecţii* de prescripţie tehnică constînd în înlocuirea valorii (20) fie prin cea (18) care asigură o *rezervă* de 20% faţă de limita tehnică de curgere *minimă*, astfel că :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{c\,min}}{c_c} = \frac{\sigma_{c\,min}}{1{,}875} = 0{,}533\ \sigma_{c\,min}, \qquad (25)$$

fie prin cea (19) care asigură o *rezervă* de 10% faţă de limita tehnică de curgere *minimă*, astfel ca :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{c\,min}}{c_c} = \frac{\sigma_{c\,min}}{1{,}667} = 0{,}600\ \sigma_{c\,min}. \qquad (26)$$

## Bibliografie


[1] Brockenbrough, R. L. *Fatigue life of seamless steel pressure vessels*. În : Trans. ASME. J. Pressure Vessel Technol., 1987, vol. 109, nr. 3, p. 323—328.

[2] Hensele, W. *Manipularea buteliilor de gaze sub presiune*. În : Sicher ist Sicher, 1972, vol. 23, nr. 5, p. 234—236 şi Protecţia, Securitatea şi Igiena Muncii în Industria Chimică, Bucureşti, CDICP—ICECHIM, 1972, nr. 11, p. 51—52.

[3] Ichim, S., Floroiu, C. *Aspecte privind construirea, verificarea şi încercarea recipientelor-butelii transportabile*. În : Buletin de Informare în Tehnica Supravegherii Instalaţiilor Mecanice sub Presiune şi de Ridicat (BIT ISCIR), Bucureşti, OID—ISCIR, 1986, nr. 3, p. 7—28.

[4] Ivanov, B.A. ş.a. *Pricini vzrivov kislorodnîh ballonov*. În : Bezopasnosti truda v promîşlennosti, 1971, nr. 9, p. 24—26.

[5] Loeb, M. B. *Optimum vessel design for gas storage*. În : Chem. Eng., 1974, vol. 81, nr. 13, p. 170—174.

[6] Mocanu, D.R. ş.a. *Study of stress distribution in the walls of vessel containers for high-pressure gas*. În : Exp. Stress Analysis. Proc. VIIIth Int. Conf. Exp. Stress Anal. Amsterdam. The Netherlands, May 12—16, 1986. Dordrecht, Martinus Nijhoff Publ., 1986, 41—48.

[7] Moser, A. ş.a. *Stähle für Druckgasflaschen*. În : Berg- und Hüttennmänn. Monatsh., 1987, vol. 132, nr. 7, p. 231—236.

[8] Pavel, A. Raport privind constatarea tehnico-ştiinţifică în dosarul nr. 651/P/987 al Procuraturii Judeţene Argeş. Vol. 1 şi 2, Ploieşti, Institutul de Petrol şi Gaze, 1988 (lucrare nepublicată) şi Distrugerea brizantă a unei baterii mobile de recipiente-butelii pentru alimentarea autovehiculelor şi tractoarelor cu gaz metan comprimat. În : Mine, Petrol, Gaze (în curs de apariţie).

[9] Rana, M.D. *Experimental verification of fracture toughness requirement for leak-before-break performance for 155—175 ksi strength level gas cylinders*. În : Trans. ASME. J. Pressure Vessel Technol., 1987, vol. 109, nr. 4, p. 435—439.

[10] Richter, A. *Bewegliche Druckbehälter nach der „Druckgasbestimmung" oder nach den „AD-Blättern"?* În Chem. Ztg., 1971, vol. 95, nr. 23—24, p. T 151—T 153.

[11] Sirani, R. *Safe use of efficient, high pressure gas cylinders*. În : Polym. Paint Colour J., 1988, vol. 178, nr. 4206, p. 27—34.

[12] Sorkin, I. I. *Sovremennoe sostoianie proizvodstva stalnîh bezşovnîh ballonov*. În : Bezopasnoti truda v promîşlennosti, 1970, vol. 14, nr. 1, p. 50—51.

[13] Verhoeven, S. *Tuburi mari din oţel pentru transportul mediilor lichide şi gazoase*. În : Energie und Technik, 1969, vol. 21, nr. 12, p. 446—469.

[14] * * * *Prescripţii tehnice pentru proiectarea, execuţia, repararea, utilizarea şi verificarea recipientelor-butelii pentru gaze comprimate, lichefiate sau dizolvate sub presiune.* C 5—84 (cu modificările din 1985). Ediţie oficială. Colecţia ISCIR (R.S. România). Bucureşti, Ed. Tehnică, 1985.
[15] * * * *Prescripţii tehnice pentru proiectarea, execuţia, instalarea, exploatarea, repararea şi verificarea recipientelor metalice stabile sub presiune.* C 4—83. Ediţie oficială, Colecţia ISCIR (R.S. România). Bucureşti, OID—MATMCGFF, 1984.
[16] B u n a k o v, V. A. ş.a. *Optimalnoe proektirovanie i rascet ballonov davlenia iz kompoziţionnih materialov.* În: Rascet prostranstvennih konstrukţii, Moskva, Stroiizdat, 1977, vîp. XVII, p. 141—159.
[17] G u z o v, S.G., S t r i j e v s k i, I.I. *Tehnika bezopasnosti pri gazoplamennoi obrabotke metallov.* Moskva, Maşghiz, 1962.
[18] P a v e l, A. *Materiale şi rezistenţe admisibile folosite în construcţia de utilaje pentru industria petrolieră prelucrătoare şi petrochimică.* Bucureşti, Ed. Didactică şi Pedagogică, 1967, p. 412—422.
[19] N e n i ţ e s c u, C.D. *Chimie generală.* Bucureşti, Ed. Didactică şi Pedagogică, 1972.

# Varianta optimă de consolidare a conductei pentru transport ţiţei fără întreruperea pompării

Ing. **N. Dorobanţu**

Institutul de Cercetări şi Proiectări pentru Petrol şi Gaze Cîmpina

În urma deteriorării tubului de azbociment al canalului de irigare, montat deasupra fasciculului de conducte de transport ţiţei, benzină şi motorină (fig. 1), apa vehiculată pe acest canal s-a infiltrat de-a lungul traseului conductei de transport ţiţei Ø 25 in, producînd spălarea pămîntului afînat (nisip argilos) de sub conductă şi lateral de aceasta, pe o lungime de circa 530 m.

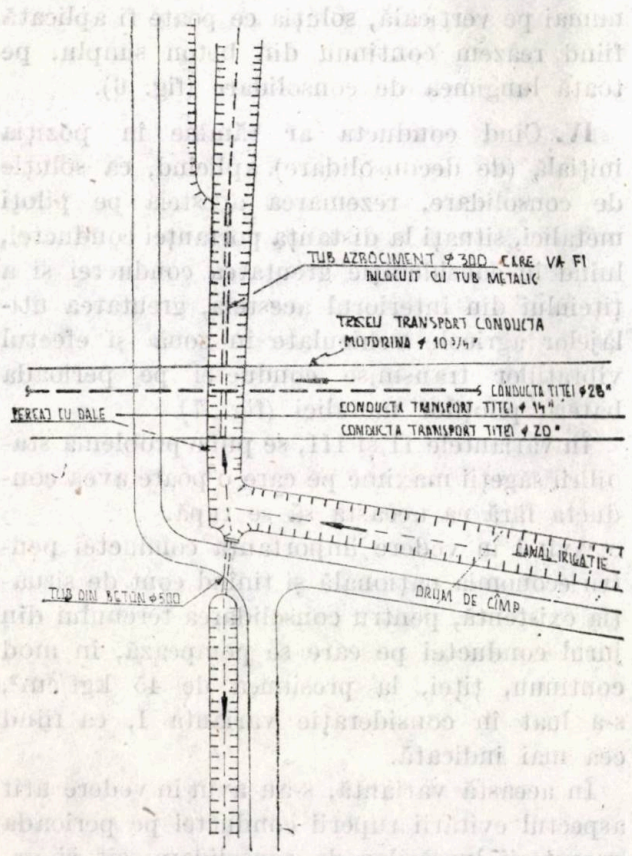



Fig. 1. Traseul unei conducte pentru transport ţiţei şi motorină.

Ca efect al spălării pămîntului au rezultat goluri şi caverne de dimensiuni destul de mari, punînd în pericol starea fizică a conductei.

În zona de formare a cavernelor, conducta a rămas suspendată, fără puncte sigure de reazem, existînd pericolul ruperii acesteia, ca efect al deplasării ei pe verticală, datorită greutăţii proprii şi a ţiţeiului, greutăţii pămîntului de deasupra acesteia, precum şi greutăţii utilajelor agricole vehiculate în zonă.

Formarea cavernelor a avut loc în zona traseului de conductă, unde panta acesteia a fost mai pronunţată, viteza apei avînd valori mai mari (fig. 2).

În cazul ruperii conductei s-ar fi pierdut circa 1 600 t ţiţei şi s-ar fi produs infectarea cu ţiţei a terenului agricol şi a crescătoriei de peşte existentă în apropierea traseului conductei.

Analizîndu-se configuraţia terenului, ca primă măsură de siguranţă pentru evitarea consecinţelor ce le-ar produce ruperea conductei, s-a procedat la proiectarea şi executarea unui dig de retenţie a ţiţeiului ce s-ar fi putut scurge de pe un traseu de ci ca 4 000 m conductă Ø 28 in (între cotele de teren cele mai ridicate). Digul s-a executat din pămînt bine compactat cu cilindru-compresor, în strate succesive de 15—20 cm grosime, prin 3—4 treceri ale cilindrului compresor peste fiecare strat de pămînt. Digul s-a amplasat la circa 200 m în aval de traseul conductei, avînd cele două extremităţi, cît şi baza acestuia încastrate în malurile văii traversate de conductă şi, respectiv, în terenul de sub digul proiectat.

Lăţimea digului la coronament a fost de 2,5 m, pentru asigurarea trecerii cilindrului compresor.

Poziţia de montare a digului de retenţie şi dimensiunile acestuia (fig. 3) au fost impuse de următoarele considerente :

— cantitatea maximă de ţiţei ce trebuia reţinută : 2 000 m³ ;

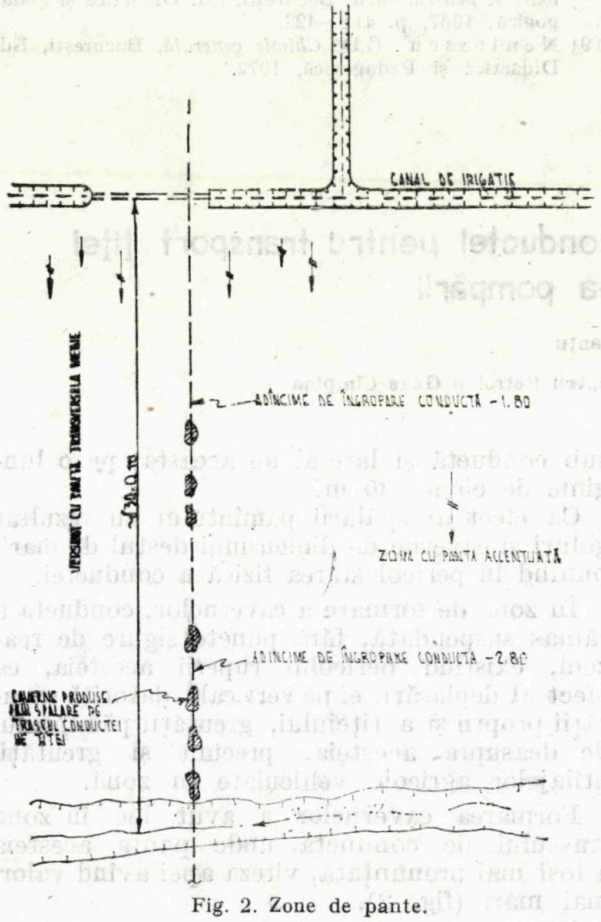



Fig. 2. Zone de pante.

— executarea rapidă a digului, în care scop s-a luat în consideraţie distanţa cea mai redusă dintre malurile văii traversate de conductă, prin aceasta reducîndu-se şi costul digului ;

— latura cea mai apropiată a suprafeţei ţiţeiului reţinut de dig faţă de direcţia traseului conductei să nu fie la o distanţă mai mică de 35 m de aceasta, distanţă impusă de normativele P.S.I. în vigoare.

Pentru asigurarea evacuării apei rezultate din precipitaţiile atmosferice ce se acumulau în barajul de retenţie, s-a prevăzut montarea în corpul digului a unui cupon de conductă avînd diametrul de 500 mm, prevăzut la capătul din aval de dig cu un robinet cu sertar ce se deschidea ori de cîte ori avea loc o acumulare de apă provenită din precipitaţiile atmosferice.

Pentru consolidarea terenului, de-a lungul celor circa 530 m traseu de conductă, au fost luate în consideraţie mai multe variante, din care enumerăm patru.

**I.** Cînd conducta ar fi rămas în poziţia luată după spălarea pămîntului de sub ea, fără a fi deplasată din această poziţie, luînd în consideraţie cele două zone distincte :

**a** — zona cavernelor, unde se prevede a se realiza un radier din beton simplu B-50, de dimensiuni $L = 2$ m ; $l = 0{,}7$ m ; $h = 0{,}3$ m, pe umplutură de pămînt compactat, avînd umiditate medie 15—16%, iar compactarea succesivă, după fiecare strat de pămînt de 10—15 cm grosime, s-a prevăzut a se executa manual (cu maiul), pentru a se feri conducta de lovituri mecanice, care ar putea provoca ruperea acesteia, grosimea peretelui conductei fiind de 7,14 mm — oţel X-60, iar pomparea ţiţeiului pe conductă, la presiunea de 45 kgf/cm², nu putea fi întreruptă (fig. 4 *a*) ;

**b** — zona dintre caverne, unde este prevăzut a se turna un radier din beton simplu, de dimensiuni $L = 1$ ; $l = 1{,}5$ m ; $h = 3$ m (fig. 4 *b*).

**II.** Cînd conducta ar putea fi deplasată atît pe verticală, cît şi pe orizontală, cînd se poate aplica soluţia de executare a unui pat din pămînt compactat, umiditate medie 15—16%, în strate succesive de 10—15 cm grosime, compactarea pămîntului fiind realizată prin deplasarea pe orizontală a conductei (fig. 5).

**III.** Cînd conducta ar putea fi deplasată numai pe verticală, soluţia ce poate fi aplicată fiind reazem continuu din beton simplu, pe toată lungimea de consolidare (fig. 6).

**IV.** Cînd conducta ar rămîne în poziţia iniţială (de deconsolidare), aplicînd, ca soluţie de consolidare, rezemarea acesteia pe piloţi metalici, situaţi la distanţa portanţei conductei, luînd în consideraţie greutatea conductei şi a ţiţeiului din interiorul acesteia, greutatea utilajelor agricole vehiculate în zonă şi efectul vibraţiilor transmise conductei pe perioada baterii piloţilor metalici (fig. 7).

În variantele II şi III, se pune problema stabilirii săgeţii maxime pe care o poate avea conducta fără ca aceasta să se rupă.

Avînd în vedere importanţa conductei pentru economia naţională şi ţinînd cont de situaţia existentă, pentru consolidarea terenului din jurul conductei pe care se pompează, în mod continuu, ţiţei, la presiunea de 45 kgf/cm², s-a luat în consideraţie varianta I, ca fiind cea mai indicată.

În această variantă, s-au avut în vedere atît aspectul evitării ruperii conductei pe perioada executării lucrărilor de consolidare, cît şi aspectul economic, urmînd ca pe parcursul deco-

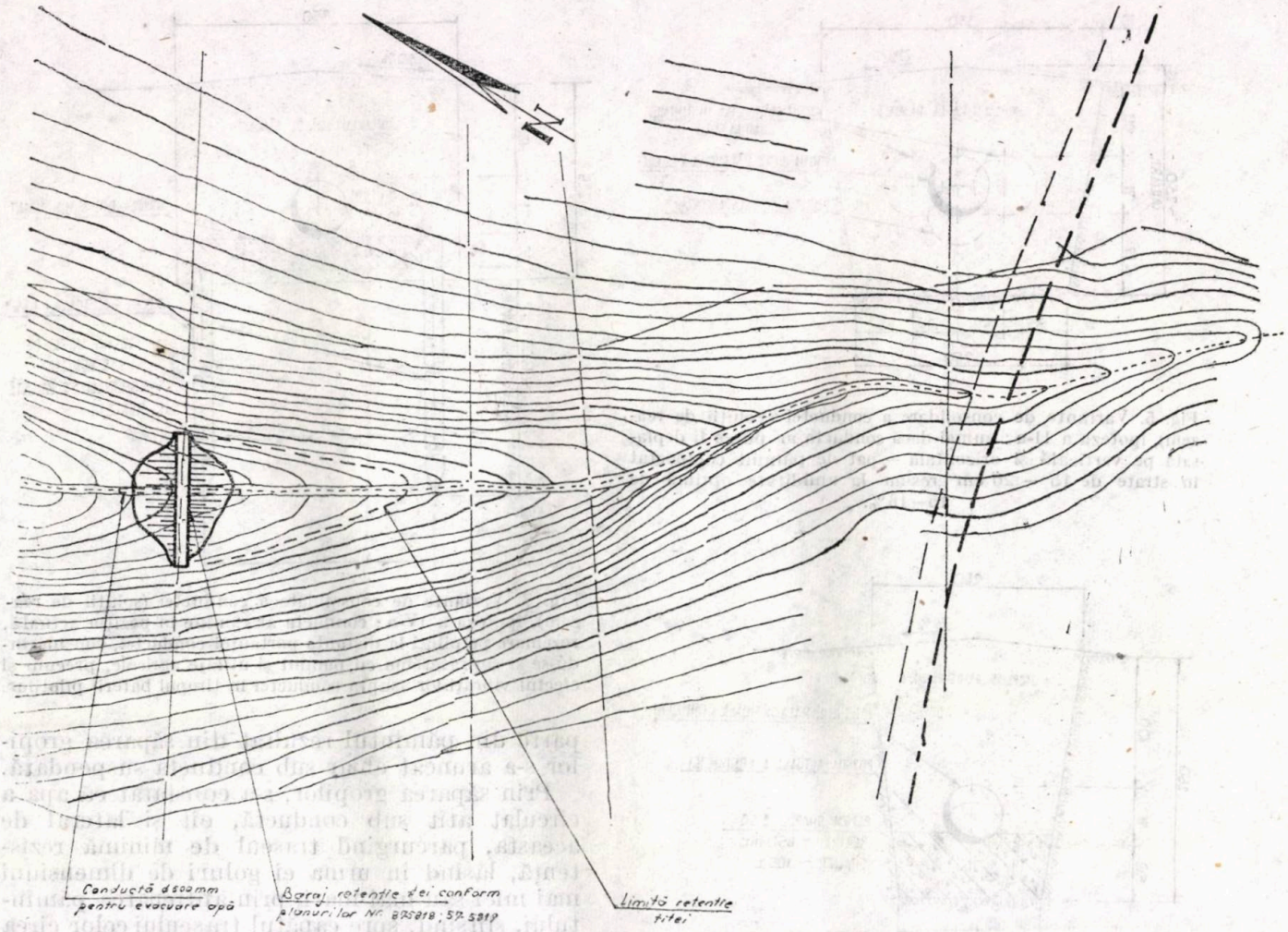



Fig. 3. Poziția de montare a digului de retenție.

pertării pământului de-a lungul traseului de conductă din zona de executare a lucrărilor de consolidare să se aducă corecturile ce s-ar fi impus sau chiar să se schimbe varianta de consolidare, dacă acest lucru ar fi fost necesar.

Analizîndu-se la fața locului situația conductei deconsolidate, s-a ajuns la următorul procedeu de consolidare a acesteia :

— realizarea unui șanț, pentru detectarea conductei Ø 28 in, în apropierea canalului de

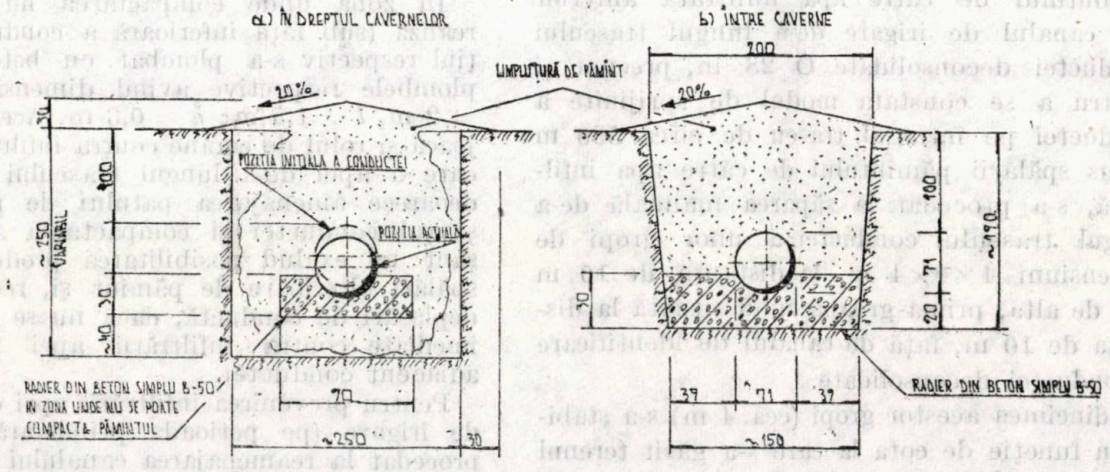



Fig. 4. Variante de consolidare a conductei (soluții de reazem), ipoteza I; conducta ar rămîne în poziția actuală: *a* — radier din beton simplu pe umplutura de pămînt compactat; *b* — radier din beton simplu.

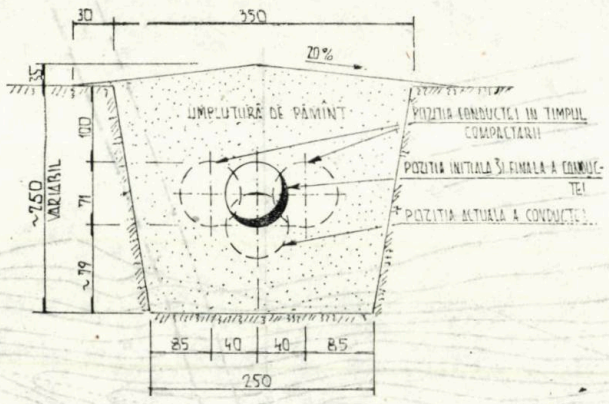



Fig. 5. Variante de consolidare a conductei (soluții de reazem), ipoteza a II-a; numai dacă conducta ar putea fi deplasată pe verticală și orizontală — pat de pămînt compactat în strate de 15 — 20 cm grosime la umiditate optimă de 15—16%.

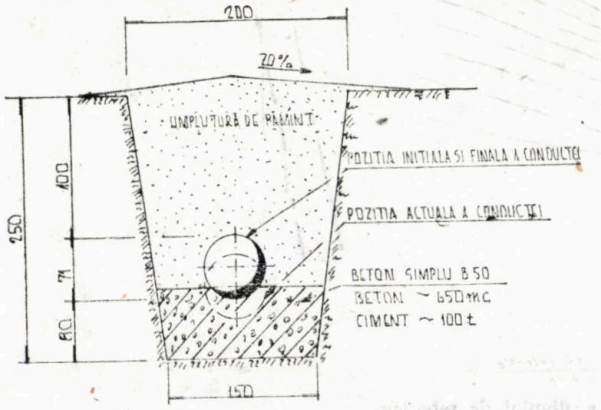



Fig. 6. Variante de consolidare a conductei (soluții de reazem), ipoteza a III-a; numai dacă conducta ar putea fi deplasată pe verticală, reazem continuu din beton simplu.

irigare, unde terenul era plat;

— pentru urmărirea direcției de spălare a pămîntului de către apa infiltrată anterior din canalul de irigare de-a lungul traseului conductei deconsolidate Ø 28 in, precum și pentru a se constata modul de sprijinire a conductei pe întregul traseu de circa 530 m supus spălării pămîntului de către apa infiltrată, s-a procedat la săparea manuală de-a lungul traseului conductei a unor gropi de dimensiuni 4×4×4 m, la distanța de 10 m una de alta, prima groapă fiind situată la distanța de 10 m, față de canalul de identificare a conductei deconsolidate.

Adîncimea acestor gropi (cca. 4 m) s-a stabilit în funcție de cota la care s-a găsit terenul compactat. În zona de pantă accentuată, unde și-au făcut apariția cavernele respective, o

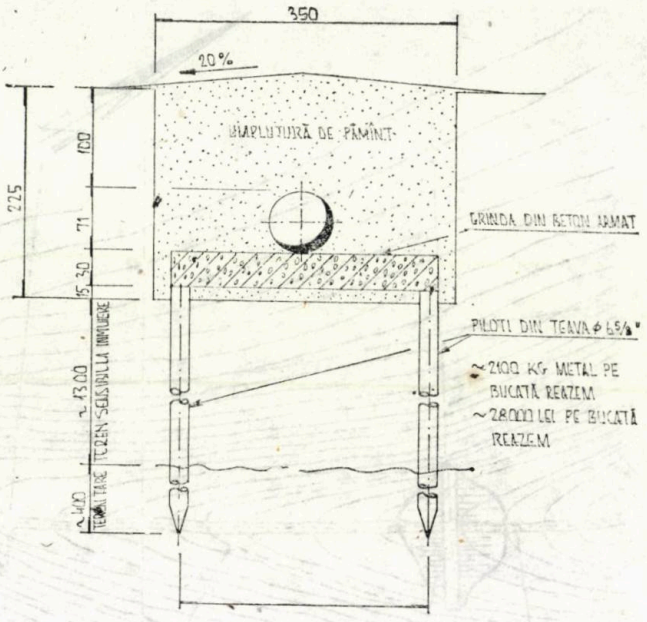



Fig. 7. Variante de consolidare a conductei (soluții de reazem), ipoteza a IV-a; conducta ar rămîne în poziția actuală, rezemare pe piloți la distanța portanței conductei, considerîndu-se și suprasarcina cu pămînt și utilaje agricole, precum și efectul vibrațiilor asupra conductei în timpul baterii piloților.

parte din pămîntul rezultat din săparea gropilor s-a aruncat chiar sub conducta suspendată.

Prin săparea gropilor, s-a constatat că apa a circulat atît sub conductă, cît și lateral de aceasta, parcurgînd traseul de minimă rezistență, lăsînd în urma ei goluri de dimensiuni mai mici sau mai mari, prin antrenarea pămîntului, sfîrșind, spre capătul traseului celor circa 530 m (în zona cu pantă accentuată), cu formarea de caverne de dimensiuni destul de mari.

Pe măsura executării gropilor, s-a trecut, începînd cu prima groapă dinspre canalul de irigare, la tasarea manuală a fundului acestor gropi și introducerea de pămînt (avînd umiditate optimă), care, la rîndul lui, a fost tasat manual pe toată înălțimea gropii.

În zona unde compactarea nu s-a putut realiza (sub fața inferioară a conductei), spațiul respectiv s-a plombat cu beton simplu, plombele respective avînd dimensiunile $L = 2$ m, $l = 1{,}5$ m; $h = 0{,}3$ m. Aceste plombe joacă și rolul de ecrane contra infiltrării ulterioare a apei de-a lungul traseului conductei, deoarece amenajarea patului de pămînt în șanțul conductei și compactarea acestuia în șanț nu exclud posibilitatea producerii unor spălări ulterioare de pămînt și, respectiv, de deplasări de conductă, dacă nu se iau măsuri imediate contra infiltrării apei în terenul adiacent conductei.

Pentru prevenirea infiltrării apei din canalul de irigare (pe perioada primăvară-vară) s-a procedat la reamenajarea canalului de irigare, în sensul înlocuirii tubului de azbociment cu tub metalic și turnarea unui strat de beton

impermeabil pe suprafaţa pereţilor canalului, în zona fasciculului de conducte.

Pernele de pămînt tasat şi plombele de beton, realizate din 10 în 10 m, de-a lungul celor circa 530 m traseu de conductă deconsolidată, constituie suporţi siguri de rezemare a conductei pe perioada consolidării restului de traseu de conductă (cuprins între pernele de pămînt tasat).

Alegerea distanţei de 10 m între pernele de pămînt compactat şi plombele de beton se face în funcţie de portanţa conductei (distanţa între două reazeme sigure, în aşa fel încît săgeata maximă dată de greutatea conductei plină cu ţiţei să nu producă ruperea acesteia).

**Portanţa dată de săgeată**

$f_{max}$ este săgeata maximă (deplasarea maximă pe verticală a conductei datorită greutăţii proprii şi greutăţii ţiţeiului), cm;

$P$ — sarcina uniform distribuită, dată de greutatea conductei şi greutatea ţiţeiului, ce apasă asupra celor două reazeme, kgf/m:

$$P = P_1 + P_2;$$

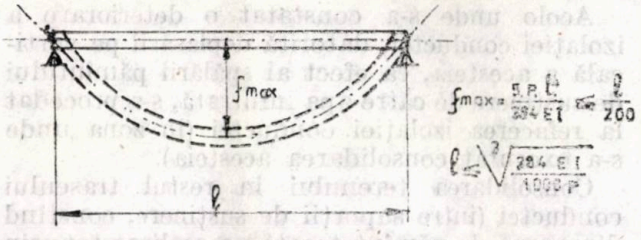



Fig. 8. Portanţa conductei $l$, corespunzătoare săgeţii maxime admisibile.

$P_1$ — greutatea proprie a conductei Ø 28 in × 7,14 mm, pe unitatea de lungime, kgf/m;

$P_2$ — greutatea ţiţeiului vehiculat, pe unitatea de lungime de conductă, kgf/m;

$I$ — momentul de inerţie, cm⁴;

$E$ — modulul de elasticitate al oţelului, $2{,}1 \cdot 10^6$ kgf/cm²;

$$P_1 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \cdot l \cdot \gamma_0;$$

$$d = D - 2g;$$

$g$ — grosimea peretelui conductei, 0,714 cm;

$D$ — diametrul nominal (exterior) al conductei, 71,1 cm;

$d$ — diametrul interior al conductei, 69,67 cm;

$l$ — unitatea de lungime de conductă, cm;

$\gamma_0$ — greutatea specifică a oţelului, 0,00785 kgf/cm³;

$$P_1 = 0{,}785\ (71{,}1^2 - 69{,}67^2) \cdot l \cdot 0{,}00785 = 1{,}238 \text{ kgf/cm};$$

$$P_2 \cong \frac{D^2}{2} \cdot l \cdot \gamma_t;$$

$D$ — diametrul nominal al conductei, in;

$l$ — unitatea de lungime de conductă plină cu ţiţei, m;

$\gamma_t$ — greutatea specifică a ţiţeiului vehiculat pe conductă, 0,8 kgf/cm³;

$$P_2 = \frac{28^2}{2} \cdot l \cdot 0{,}8 = 313{,}6 \text{ kgf/m} = 3{,}136 \text{ kgf/cm};$$

$$P = P_1 + P_2 = 1{,}238 + 3{,}136 = 4{,}374 \cong 4{,}4 \text{ kgf/cm};$$

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4);$$

$$I = \frac{3{,}14}{64}(71{,}1^4 - 69{,}67^4) = 83\,000 \text{ cm}^4;$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{384\ EI}{1\,000 \cdot P}};$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{384 \times 2{,}1 \times 10^6 \times 83\,000}{1\,000 \times 4{,}4}} = 2\,380 \text{ cm};$$

$l \cong 24$ m,

Avînd în vedere importanţa conductei pentru economia naţională, s-a ales ca distanţă sigură între două reazeme $l = 10$ m.

Verificarea portanţei alese ($l = 10$ m) cu ajutorul momentului de încovoiere:

$$M_i = \frac{P \cdot l^2}{8},$$

unde:

$M_i$ este momentul de încovoiere, kgf·cm;

$P$ — sarcina uniform distribuită, 4,4 kgf/cm;

$l$ — distanţa între două reazeme, cm;

$$M_i = \frac{4{,}4 \times 2\,380^2}{8} = 3\,115\,420 \text{ kgf/cm};$$

$$\sigma_{ef.inc} = \frac{M_i}{W_i} \geqslant \sigma_a;$$

$\sigma_{ef.inc}$ — rezistenţa efectivă la încovoiere, kgf/cm²;

$W_i$ — modulul de rezistenţă la încovoiere, cm³;

$\sigma_a$ — rezistenţa admisibilă a oţelului, kgf/cm²;

$$W_t = \frac{I}{\frac{D_e}{2}} = \frac{2I}{D_e} = \frac{2 \times 83\,000}{71{,}1} = 2\,336 \text{ cm}^3;$$

$$\sigma_{ef.inc} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{3\,115\,420}{2\,336} = 1\,334 \text{ kgf/cm}^2;$$

$$\sigma_{ef.inc} > \sigma_a = 1\,000 \div 1\,200 \text{ kgf/m}^2.$$

În dreptul cavernelor, unde conducta este suspendată pe o distanţă mai mare de 10 m, s-a procedat la sprijinirea acesteia pe grinzi metalice profil I, în lungime de 6 m.

La rîndul lor, grinzile pe care se sprijinea conducta au fost aşezate, la capete, pe perne de pămînt tasat, prin intermediul dalelor prefabricate din beton armat.

Sprijinirea conductei pe grinzile metalice profil I s-a făcut prin intermediul unei şei din tablă, avînd grosimea de 14 mm şi lungimea de 1 m, pentru ca grinda să preia greutatea conductei suspendate (pe care circulă permanent ţiţei), pe o suprafaţă de contact cît mai mare, în vederea evitării ruperii conductei, din cauza grosimii mici a peretelui acesteia (7,14 mm).

**Stabilirea dimensiunii grinzii tip I**

$$P = p \cdot l_1,$$

unde :

$P$ este greutatea celor 10 m de conductă plină cu ţiţei, kgf ;
$p$ — greutatea unităţii de lungime de conductă plină cu ţiţei, kgf/m ;
$l_1$ — lungimea cuponului de conductă cuprins între două reazeme sigure ;

$$P = p \cdot l_1 = 440 \times 10 = 4\,400 \text{ kgf};$$

$$M_t = \frac{P \cdot l}{2};$$

$M_t$ este momentul de încovoiere, kgf·m ;
$P$ — greutatea celor 10 m de conductă plină cu ţiţei, kgf ;
$l$ — lungimea grinzii tip I (distanţa între cele două reazeme ale grinzii) ;

$$M_t = \frac{P \cdot l}{2} = \frac{4\,400 \times 6}{2} = 13\,200 \text{ kgf·m};$$

$$W_t = \frac{M_t}{\sigma_a};$$

$W_t$ — modulul de rezistenţă la încovoiere, cm³ ;
$\sigma_a$ — rezistenţa admisibilă a oţelului OL-37 ; (1 000 — 1 200 kgf/cm²) ;

$$W_t = \frac{M_t}{\sigma_a} = \frac{13\,200}{1\,000} = 13{,}2 \text{ cm}^3.$$

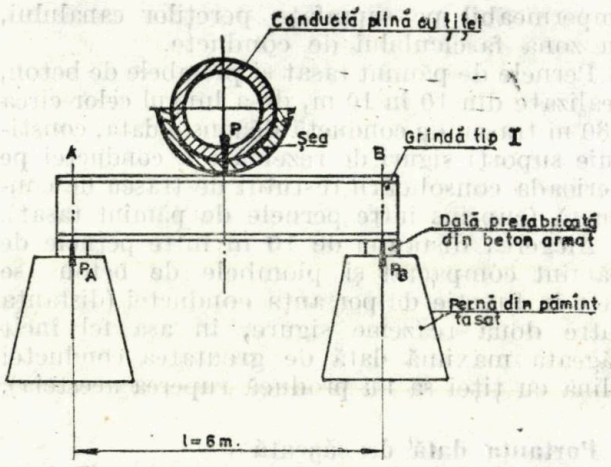



Fig. 9. Eforturile la care este supusă grinda de susţinere a conductei.

Corespunzător modulului de rezistenţă $W_t$ = = 13,2 cm³, rezultă grindă I-8.

Pentru mai multă siguranţă, se va monta grindă I-26 din oţel OL-37.

Pentru evitarea cimentării conductei pe faţa inferioară a acesteia, în timpul realizării plombelor din beton, s-a procedat la izolarea acestei suprafeţe cu carton asfaltat, asigurat cu sîrmă Ø 0,75 mm.

Acolo unde s-a constatat o deteriorare a izolaţiei conductei, datorită deplasării pe verticală a acesteia, ca efect al spălării pămîntului de susţinere de către apa infiltrată, s-a procedat la refacerea izolaţiei conductei (în zona unde s-a executat consolidarea acesteia).

Consolidarea terenului în restul traseului conductei (între suporţii de susţinere, constînd din perne de pămînt tasat) s-a realizat tot prin tasarea pămîntului şi turnarea de plombe din beton, consolidare realizată în condiţii depline de siguranţă a muncitorilor ce au concurat la consolidarea conductei.

Pentru realizarea consolidării conductei au fost necesare o serie de materiale, în vederea susţinerii pereţilor de la şanţurile şi gropile executate în acest scop, constînd din dulapi de fag 30×40 cm şi bile din brad Ø 150 mm.

Operaţiile de săpare a gropilor şi şanţurilor au fost executate manual, pentru a se evita lovirea conductei.

De asemenea, au fost prevăzute în documentaţie macarale de 10 t şi vinciuri hidraulice de 10 t, pentru eventualitatea în care valoarea eforturilor create în conductă — în urma spălării pămîntului de sub aceasta — ar fi prea mare şi s-ar fi impus aducerea conductei în poziţia iniţială de montaj.

Pe toată perioada efectuării operaţiilor de consolidare a conductei, s-a asigurat o legătură radio între zona unde se executau aceste lucrări de consolidare şi staţia de pompare cea mai apropiată, pentru oprirea rapidă a pompelor în cazul că s-ar fi produs o rupere a conductei.

De asemenea, s-a creat posibilitatea intervenţiei pentru stingerea unui eventual incendiu, în cazul că ar fi avut loc o rupere a conductei şi deci o scurgere de ţiţei în zona respectivă.

Pentru executarea lucrărilor de consolidare a conductei în termenul cel mai scurt, s-a asigurat o asistenţă tehnică corespunzătoare, luîndu-se toate măsurile de tehnica securităţii şi prevenirea incendiilor, şi anume :

— săparea manuală a gropilor şi şanţurilor, precum şi tasarea pămîntului în acestea, pentru a se feri conducta de lovituri sau trepidaţii ;

— asigurarea consolidării pereţilor de la gropile şi şanţurile săpate cu dulapi de fag 30 × × 40 cm, asiguraţi cu bile de brad Ø 15 cm, după fiecare 0,3—0,4 m săpaţi ;

— umplerea cu pămînt a golurilor de sub conductă, în dreptul cavernelor de dimensiuni mari, pe perioada executării gropilor situate la distanţa de 10 m una de alta ;

— montarea de avertizoare, prin care să se interzică trecerea tractoarelor sau altor utilaje agricole de-a lungul traseului conductei sau peste acest traseu ;

— interzicerea săpării altor şanţuri la suprafaţă, în apropierea zonelor de săpare a gropilor şi şanţurilor la nivelul conductei şi sub conductă ;

— asigurarea muncitorilor ce lucrează în interiorul gropilor şi şanţurilor cu centuri de siguranţă şi frînghii de salvare şi supravegherea permanentă a acestora, pentru a fi aduşi imediat la suprafaţă în cazul unei eventuale ruperi de conductă ;

— interzicerea staţionării muncitorilor sub conductă, precum şi a sprijinirii de aceasta ;

— sprijinirea conductei pe grinzi metalice profil I-26, prin intermediul unei şei metalice, în cazul constatării că distanţa între două reazeme sigure este mai mare de 10 m (în dreptul cavernelor), în timpul săpării gropilor ;

— interzicerea lovirii sau sprijinirii pe conductă cu orice fel de material, scule etc. ;

— interzicerea accesului muncitorilor în gropile sau şanţurile executate în scopul consolidării conductei şi a executării lucrărilor de consolidare propriu-zisă, înaintea luării tuturor măsurilor specificate mai sus, precum şi alte măsuri prevăzute în „Normele republicane de protecţia muncii" şi normativele P.S.I. în vigoare.

În cazul concret de consolidare a conductei de transport ţiţei Ø 28 in datorită menţinerii legăturii permanente între constructor şi proiectanţi — care prin deplasările frecvente efectuate pe şantier au dat indicaţiile corespunzătoare specifice fiecărei faze — s-a reuşit ca durata de realizare a lucrărilor de consolidare să fie redusă la o treime din timpul planificat, iar valoarea lucrărilor respective să se reducă cu circa 1,5 mil. lei.

# Variante de calcul al diagramelor teoretice etalon şi posibilităţi de interpretare a diagramelor reale de dinamometrare

Şef. lucr. ing. **M. Cristescu**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti
ing. **D. Ianeu**
Schela de producţie petrolieră Clejani

## I. Generalităţi despre urmărirea şi controlul sondelor

Sistemul de exploatare a sondelor prin pompaj de adîncime se aplică atunci cînd energia naturală a zăcămîntului nu este suficientă pentru ridicarea ţiţeiului la suprafaţă şi cînd exploatarea sondelor prin erupţie artificială nu se poate aplica din cauza lipsei sursei de gaze în apropiere sau cînd această exploatare a sondelor devine ineficientă prin creşterea consumului specific de gaze, deci conduce la creşterea costului tonei de ţiţei extras.

Pompajul cu prăjini deţine o pondere însemnată atît la noi în ţară, cît şi pe plan mondial.

Trebuie acordată atenţie deosebită regimului de lucru stabilit pentru fiecare sondă, regim care să asigure exploatarea ei la parametrii optimi.

Este necesar a cunoaşte cauzele care determină scăderea debitelor, precum şi măsurile cele mai eficiente pentru prevenirea sau lichidarea lor, care pot fi puse atît pe seama alegerii şi funcţionării echipamentelor de adîncime şi de suprafaţă, cît şi pe seama evoluţiei parametrilor stratului productiv.

Funcţionarea instalaţiei de pompare poate fi controlată prin interpretarea corectă a diagramelor de dinamometrare. Aceste diagrame sînt furnizate de aparate speciale numite dinamometre, care se montează pe prăjina lustruită şi înregistrează o curbă închisă, ce reprezintă variaţia în decursul unui ciclu de pompare a sarcinilor care acţionează în punctul de suspensie al garniturii de prăjini.

După principiul de funcţionare, dinamometrele se pot clasifica în : dinamometre hidraulice (Martin Deker, Minizon, D.G. Moreni, Leutert), mecanice (Westinghouse, Johnson-Fagg), electrice şi magnetoelastice.

În schelele de petrol din ţara noastră se utilizează, cu pondere, dinamometrul D.G. Moreni, iar în cercetare se folosesc dinamometrele Johnson-Fagg şi Leutert LL-57.

Folosirea diagramelor de dinamometrare reale, studiul şi interpretarea lor prezintă de cele mai multe ori dificultăţi destul de mari. De aceea, se consideră necesar să se examineze aspectul unor diagrame rezultate din consideraţii teoretice, care, suprapuse pe diagramele reale înregistrate în sonde, permit o interpretare mai uşoară şi mai clară a acestora, respectiv o înţelegere mai în detaliu a fenomenelor ce au loc în sistem.

În cele ce urmează se demonstrează utilitatea combinării studiului celor două categorii de diagrame, teoretice şi reale.

Analiza ce urmează a fost efectuată la o sondă în pompaj de adîncime cu prăjini, la care am dispus de o diagramă de dinamometrare înregistrată cu dinamometrul Johnson-Fagg.

Datele de producţie şi de echipare a sondei analizate sînt următoarele :

Coloana de exploatare, 6 5/8 in — 2 100 m;
Interval de perforat, M II — 1 930 — 1 888 m;
Separator, 2 7/8 in — 1 903 m;
Ţevi de extracţie, 2 7/8 in — 731 m;
3 1/2 in — 1 149 m;
Prăjini de pompare, 3/4 in — 887 m;
7/8 in — 612 m;
1 in — 375 m;
Pompa P 2 3/8 × 1 1/4 in — 1880 m;
Cursa prăjinii lustruite, $S_A$,3 m;
Număr curse duble ale balansierului, $n$ 9 cd/min;
Unitate de pompare, Vulcan 12 t;
Debit ţiţei, 14 m³ 75% 3 t;
Debit gaze, 4 000 m³/zi.

În timpul funcţionării instalaţiei de pompare cu balansier, sistemul prăjini-piston se deplasează în sus şi în jos, schimbînd în mod periodic sensul de mişcare în punctele extreme ale cursei. În punctele de schimbare a sensului, viteza are valoarea 0, iar între aceste puncte viteza este variabilă. Deci şi acceleraţia prezintă variaţii de-a lungul ciclului de pompare.

În funcţie de ipotezele admise şi de gradul de exactitate al relaţiilor obţinute pentru cele trei elemente de bază (spaţiu, viteză şi acceleraţie), determinarea se face folosind una din următoarele teorii :

— teoria cinematică elementară;

— teoria cinematică aproximativă sau corectată;

— teoria cinematică exactă.

Relaţiile de calcul pentru cele trei teorii sînt redate în tabelul 1.

Cu ajutorul relaţiilor analitice menţionate se pot construi următoarele curbe de variaţie : $S_A = S_A(\varphi)$; $W_A = W_A(\varphi)$, dar şi $W_A = W_A(S_A)$.

Curbele $W_A = W_A(S_A)$ din figura 1 sînt folosite pentru determinarea sarcinilor dinamice de inerţie în anumite momente ale ciclului de pompare.

*Tabelul 1*

| TEORII CINEMATICE / φ | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ELEMENTARĂ $S_{A\varepsilon} = \frac{a}{b} r(1-\cos\varphi)$ | 0 | 0,201 | 0,750 | 1,500 | 2,250 | 2,799 | 3,000 | 2,799 | 2,250 | 1,500 | 0,750 | 0,201 | 0 |
| $W_{A\varepsilon} = \frac{a}{b} r\omega^2 \cos\varphi$ | 1,332 | 1,154 | 0,666 | 0 | -0,666 | -1,154 | -1,332 | -1,154 | -0,666 | 0 | 0,666 | 1,154 | 1,332 |
| APROXIMATIVĂ (CORECTATĂ) $S_{Aa} = S_{A\varepsilon} + \frac{1}{2}\frac{a}{b}\frac{r^2}{l}\sin^2\varphi$ | 0 | 0,280 | 0,988 | 1,818 | 2,488 | 2,878 | 3,000 | 2,878 | 2,488 | 1,818 | 0,988 | 0,280 | 0 |
| $W_{Aa} = W_{A\varepsilon} + \frac{a}{b}\frac{r^2}{l}\omega^2\cos 2\varphi$ | 1,894 | 1,435 | 0,385 | -0,562 | -0,947 | -0,873 | -0,770 | -0,873 | -0,947 | -0,562 | -0,385 | 1,435 | 1,894 |
| EXACTĂ $S_{Aex} = a\left[\operatorname{arctg}\frac{\sin\varphi}{\frac{b}{r}-\cos\varphi} + \operatorname{arctg}\frac{\frac{r}{b}-(\Delta+\cos\varphi)}{\frac{b}{r}-(\Delta+\cos\varphi)} - \arccos\frac{b^2+r^2-(l-r)^2}{2rb}\right]$ | 0,495 | 0,052 | 0,209 | 0,765 | 1,570 | 2,277 | 2,827 | 3 | 2,932 | 2,565 | 2,042 | 1,282 | 0,495 |
| $W_{Aex} = r\frac{a}{b}\frac{\omega^2}{\sin\beta}\left[-\sin\varphi\cos\alpha + \frac{r}{l}\frac{\sin^2(\varphi+\gamma)}{\sin\beta} - \frac{r}{b}\frac{\sin^2\varphi\cos\beta}{\sin\beta}\right]$ | 1,223 | 2,033 | 1,364 | 0,563 | 0,067 | -0,586 | -1,500 | -1,003 | -0,622 | -0,628 | -0,557 | 0,325 | 1,200 |

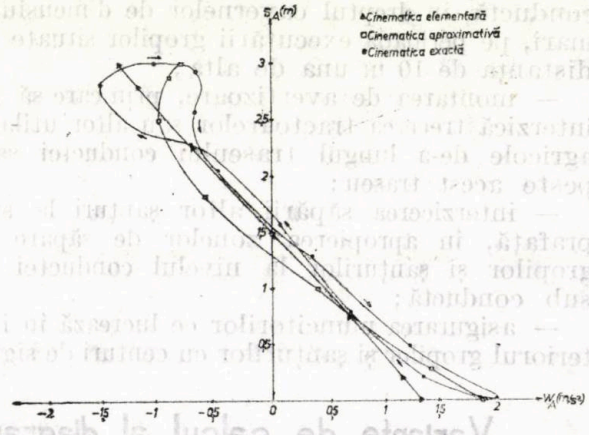



Fig. 1. Dependenţa $S_A = f(W_A)$ în cele trei cinematici.

## II. Diagrame teoretice de pompare

Diagramele teoretice de pompare se construiesc în axe de coordonate $P$ şi $S$, reprezentînd variaţia sarcinilor care acţionează în prăjina lustruită în timpul unei curse duble a pistonului în pompă. Se pot obţine mai multe aluri de diagrame teoretice funcţie de modul de estimare a sarcinii din prăjina lustruită.

**a.** Coordonatele punctelor de reprezentare a diagramei teoretice de pompare, luînd în considerare sarcinile statice şi dinamice de inerţie, sînt următoarele :

ordonata — abscisa

punctul $A$: $P^A_{S+d} = P'_p + P^A_i$; $S^A_A = 0$;

punctul $B$: $P^B_{S+d} = P'_p + P^B_i$; $S^B_A = \lambda^B_{S+d}$;

$P^{BC}_{S+d} = P'_p + P'_l + P^{BC}_i$;

punctul $C$: $P^C_{S+d} = P'_p + P_l + P_c$;

$S^C_A = S_{A\,max}$;

punctul $D$: $P^D_{S+d} = P'_p + P^D_i$; $S^D_A = S_{A\,max} - \lambda^D_{S+d}$,

unde :

$P'_p$ este greutatea prăjinilor în lichid :

$$P'_p = \sum_{i=1}^{n} q_{pi} l_i \left(1 - \frac{\gamma_l}{\gamma_0}\right);$$

$P_i^A$ — sarcina de inerţie la începutul cursei ascendente ;

$$P_{ip}^A = P_p/g \cdot W_A^A;$$

$q_{p\,i}$ — greutatea pe metru liniar a fiecărui tronson de prăjini de pompare ;

$l_i$ — lungimea fiecărui tronson de prăjini de pompare ;

$\gamma_1$ — greutatea specifică a lichidului ;

$\gamma_0$ — greutatea specifică a oţelului ;

$g$ — acceleraţia gravitaţională ;

$W_A^A$ — acceleraţia punctului de suspensie al garniturii de prăjini în momentul începerii cursei ascendente, $m^2/s$ ;

$P_l$ — greutatea lichidului pe secţiunea brută a pistonului $P_l = F_p \gamma_l L$, kgf sau N ;

$F_p$ — secţiunea brută a pistonului ;

$L$ — adîncimea de fixare a pompei ;

$P_i^B$ — sarcina de inerţie la sfîrşitul perioadei de deformaţie elastică a prăjinilor de pompare la cursa ascendentă :

$$P_i^B = \frac{1 + \rho}{2} \frac{P_p}{g} W_A^B;$$

$\rho$ — coeficient pentru garnitura de prăjini de pompare şi coloana de ţevi de extracţie cu profil telescopic :

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_{ti}/f_{ti}}{\sum_{i=1}^{n} l_{pi}/f_{pi} + \sum_{j=1}^{n} l_{tj}/f_{tj}};$$

$l_{ti}$ — lungimea tronsoanelor de ţevi de extracţie;

$f_{ti}$ — secţiunea ţevilor de extracţie;

$W_A^B$ — acceleraţia punctului de suspensie a garniturii de prăjini de pompare la sfîrşitul perioadei de deformaţie elastică la cursa ascendentă.

$$P_i^{BC} = P_{ip}^{BC} + P_{il}^{BC} = \frac{P_p}{g} W_A^{BC} + \varepsilon \frac{P_p}{g} W_A^{BC} =$$

$$= (1 + \varepsilon) \frac{P_p}{g} W_A^{BC};$$

$W_A^{BC}$ — acceleraţia punctului de suspensie a garniturii de prăjini în intervalul $BC$ din diagramă.

$$\varepsilon = K \frac{P_l}{P_p},$$

$K$ — factor de corecţie pentru secţiunea de trecere :

$$K = \frac{F_p - f_p}{F_t - f_t},$$

$F_t$ — secţiunea interioară a ţevilor de extracţie ;

$f_t$ — secţiunea metalică a ţevilor de extracţie ;

$P_i^C$ — sarcina de inerţie la sfîrşitul cursei ascendente :

$$P_i^C = (1 + \varepsilon) \frac{P_p}{g} W_A^C,$$

$W_A^C$ — acceleraţia punctului de suspensie la începutul cursei descendente (în momentul $C$ din diagramă) ;

$P_i^D$, $P_i^{DA}$ — sarcina de inerţie la cursa descendentă ;

$$P_i^D = \frac{1 + \rho}{2} W_A^D \cdot \frac{P_p}{g},$$

$W_A^D$ — acceleraţia punctului de suspensie a garniturii de prăjini la sfîrşitul perioadei de deformaţie elastică la cursa descendentă ;

$$P_i^{DA} = \frac{P_p}{g} W_A^{DA},$$

$W_A^{DA}$ — acceleraţia punctului de suspensie a garniturii de prăjini în intervalul $DA$ de pe diagramă.

Luînd în considerare sarcinile totale care acţionează la începutul şi sfîrşitul perioadei de deformaţie elastică, în cazul cînd se ţine seama de sarcinile statice şi de cele dinamice de inerţie, deformaţiile elastice pot fi exprimate cu următoarele relaţii de calcul :

— la cursa ascendentă :

$$\lambda_{S+d}^B = \frac{P_{B\,total} - P_{A\,total}}{E} \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{l_{pi}}{f_{pi}} + \sum_{j=1}^{n} \frac{l_{tj}}{f_{tj}}\right);$$

— la cursa descendentă :

$$\lambda_{S+d}^D = \frac{P_{C\,total} - P_{D\,total}}{E} \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{l_{pi}}{f_{pi}} + \sum_{j=1}^{n} \frac{l_{tj}}{f_{tj}}\right).$$

*Tabelul 2*

| PUNCTE CARACTERISTICE | $S_A$(m) | | | $W_A$(m/s²) | | | P | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | CINEMATICA | | | CINEMATICA | | | | | |
| | | | | | | | ELEMENTARĂ | | APROXIMATIVĂ | | EXACTĂ | |
| | $S_{ex}$ | $S_{ap}$ | $S_{ex}$ | ELEMENTARĂ | APROXIMATIVĂ | EXACTĂ | kgf | N | kgf | N | kgf | N |
| A | | 0 | | 1,332 | 1,894 | 2,030 | 5725 | 56152 | 6052 | 59370 | 6131 | 60145 |
| B | 026 | 0,31 | 0,23 | 1,110 | 1,400 | 1,320 | 6891 | 67601 | 6988 | 68552 | 6960 | 68278 |
| BC | | 0,5 | | 0,880 | 1,110 | 0,970 | 7048 | 69141 | 7185 | 70485 | 7104 | 69690 |
| | | 1,0 | | 0,240 | 0,370 | 0,480 | 6775 | 66463 | 6732 | 66041 | 6807 | 66777 |
| | | 1,5 | | 0 | − 0,240 | 0,120 | 6507 | 63834 | 6354 | 62333 | 6577 | 64520 |
| | | 2,0 | | − 0,450 | − 0,700 | − 0,300 | 6224 | 61057 | 6059 | 59431 | 6317 | 61976 |
| | | 2,5 | | − 0,900 | − 0,950 | − 1,300 | 5945 | 58320 | 5914 | 58016 | 5698 | 55897 |
| C | | 3,0 | | − 1,332 | − 0,770 | − 1,003 | 5677 | 55691 | 6026 | 59115 | 5881 | 57693 |
| D | 2,55 | 2,55 | 2,63 | − 1,040 | − 0,980 | − 0,620 | 4391 | 45038 | 4381 | 42978 | 4735 | 46460 |
| DA | | 2,5 | | − 0,900 | − 0,960 | − 0,650 | 4228 | 43439 | 4393 | 43095 | 4673 | 44861 |
| | | 2,0 | | − 0,450 | − 0,700 | − 0,410 | 4589 | 45909 | 4544 | 44577 | 4713 | 46235 |
| | | 1,5 | | 0 | − 0,240 | 0,060 | 4951 | 48569 | 4811 | 47196 | 4980 | 48854 |
| | | 1,0 | | 0,440 | 0,370 | 0,620 | 5207 | 51081 | 5166 | 50678 | 5311 | 52101 |
| | | 0,5 | | 0,880 | 1,110 | 1,220 | 5493 | 53593 | 5590 | 54838 | 5660 | 55526 |

Coordonatele punctelor pentru construirea diagramelor teoretice cu sarcini statice şi dinamice de inerţie, acestea din urmă prezentate în cele trei teorii cinematice, sînt redate în tabelul 2.

Alura acestor diagrame teoretice se poate urmări în figura 2.

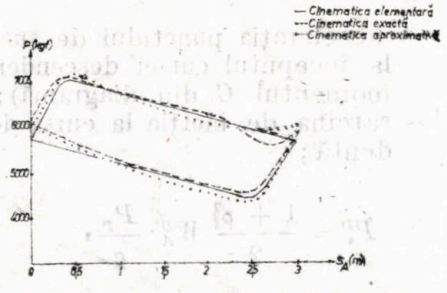



Fig. 2. Dinamograme teoretice cu considerarea sarcinilor statice şi dinamice în cele trei cinematici.

**b.** Aplicînd o altă metodologie de calcul, diferenţiată pentru cele patru faze de bază ale ciclului [3], s-a construit o altă diagramă teoretică de dinamometrare (fig. 3).

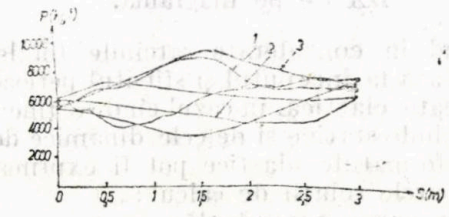



Fig. 3. Variaţia sarcinilor în funcţie de deplasare, în cazul real şi în cazul teoretic.

Relaţiile de calcul al forţelor din prăjina lustruită sînt stabilite diferenţiat pentru cele patru faze ale ciclului de pompare:

$P_I$ — în perioada de deformare iniţială a prăjinilor de pompare şi a ţevilor de extracţie, la cursa ascendentă;

$P_{II}$ — la cursa ascendentă, după deformarea iniţială;

$P_{III}$ — la cursa descendentă în perioada de deformare iniţială;

$P_{IV}$ — la cursa descendentă, după deformarea iniţială.

Forţa rezultată la prăjina lustruită este efectul acţiunii corelate a următoarelor componente:

$P'_p$ — greutatea garniturii de prăjini în lichid;

$P_l$ — greutatea coloanei de lichid pe suprafaţa frontală brută a pistonului;

$P_f$ — forţa datorată frecării pistonului în pompă;

$P_v$ — forţa de frecare a garniturii de prăjini, datorată vitezei de transport;

$P_{ip}$ — forţa datorată inerţiei prăjinilor;

$P_{il}$ — forţa datorată inerţiei lichidului;

$P_\theta$ — forţa datorată oscilaţiilor libere care apar la modificarea condiţiilor de la faza *I* la *II* şi de la faza *III* la *IV*;

$P_e$ — forţa elastică statică;

$P_h$ — forţa datorată submergenţei;

$P_s$ — forţa datorată pierderilor în supape.

La cursa ascendentă se poate considera că $P_h$ şi $P_s$ se compensează reciproc.

Forţa elastică $P_e$ apare în fazele *I* şi *III* ale ciclului şi are următoarea formă:

$$P_e = K\ S_A(\varphi),$$

unde:

$K$ este constanta elastică a sistemului prăjini-ţevi de extracţie.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_p} + \frac{1}{K_t};$$

$$K_p = E \sum_{i=1}^{n} \frac{f_{pi}}{l_{pi}}; \quad K_t = E \sum_{j=1}^{n} \frac{f_{tj}}{l_{tj}};$$

$S_A$ — deplasarea capului balansier.

Se calculează în teoria cinematicii elementare cu relaţia:

$$S_A = \frac{S}{2}(1 - \cos\varphi),$$

$\varphi$ — unghiul de rotire a manivelelor.

Deoarece capătul superior al garniturii are acceleraţia $W(\varphi)$, respectiv viteza $v(\varphi)$ (calculate în teoria cinematică elementară), forţele $P_i$ şi $P_v$ vor avea următoarea formă:

$$P_i = \frac{mW(\varphi)}{2},$$

$$P_v = \frac{hmv(\varphi)}{2},$$

unde :

$m$ — masa prăjinilor :

$$m = \frac{P'_p}{bg},$$

$$P'_p = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i q_i\right) b;$$

$$b = 1 - \frac{\gamma_l}{\gamma_0};$$

$\gamma_l$ — greutatea specifică a lichidului ;

$\gamma_0$ — greutatea specifică a oţelului ;

$$W(\varphi) = \omega^2 \cdot \frac{S}{2} \cos \varphi;$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30};$$

$n$ — numărul de curse/min ale balansierului ;

$h$ — coeficient de frecare :

$$h = \frac{0{,}046}{\overline{m}} \rho \frac{F_p^2}{F_t d_t};$$

$\rho$ — densitata fluidului ;

$$\overline{m} = \frac{m \cdot g}{L};$$

$L$ — adîncimea de fixare a pompei ;

$F_p$ — aria secţiunii nete a pistonului ;

$F_t$ — aria netă de trecere a ţevilor de extracţie ;

$d_t$ — diametrul interior al ţevilor de extracţie;

$$V(\varphi) = \frac{S \cdot \omega}{2} \sin \varphi.$$

Pentru fiecare valoare a unghiului $\varphi$ se poate stabili valoarea forţei, respectiv ordonata diagramei şi valoarea deplasărilor, respectiv abscisa diagramei.

Mărimile unghiului pentru fiecare punct caracteristic se obţin astfel :

● punctul 1 : $\varphi_1 = 0$;

● punctul 2 : $\varphi_2 = \text{arc cos}\left(1 - \frac{2}{3} \frac{P_l + 2P_f}{k}\right)$

unde :

$$P_f = 35\ D,\ \text{N};$$

$D$ — diametrul pistonului, mm ;

● punctul 3 : $\varphi_{max} = \varphi_2 + \frac{\omega}{p} \frac{\pi}{2}$,

unde :

$$p = \frac{76\,500}{L} \frac{\pi}{30};$$

● punctul 4 : $\varphi_4 = 180°$ ;

● punctul 5 : $\varphi_5 = 180° + \varphi_2$ ;

● punctul 6 : $\varphi_6 = 180° + \varphi_3$.

Valoarea lui $P_0$ cu care se corectează $P_{II}$ la cursa descendentă, după deformarea iniţială, va fi :

$$P_0 = \frac{pm\psi}{2} V(\varphi_2),$$

unde :

$$\psi = \frac{K_t}{K_t + K_p}.$$

Pentru trasarea diagramei teoretice de dinamometrare se vor folosi următoarele relaţii de calcul.

Punctele :

1. $P_1 = P'_p + KS(\varphi_1) + \frac{m\,W(\varphi_1)}{2} + \frac{hmv(\varphi_1)}{2}$.

$$S_1 = 0.$$

2. $P_2 = P'_p + KS(\varphi_2) + \frac{mW(\varphi_2)}{2} + \frac{hmv(\varphi_2)}{2}$.

$$S_2 = \frac{S}{2} \cos \varphi_2.$$

3. $P_{max} = P'_p + P_l + P_f +$

$$+ \frac{mS\omega^2}{2} \cos \varphi_{max} + hm \frac{S\omega}{2} \sin \varphi_{max} +$$

$$+ \frac{pm\psi}{4} S\omega \sin \varphi_2.$$

$$S_3 = \frac{S}{2}(1 - \cos \varphi_{max}).$$

$$4.\ P_4 = P'_p + P_l + P_f - K\left[S - S(\varphi_4) + \right.$$

$$\left. + \frac{mW(\varphi_4)}{2} + \frac{hmv(\varphi_4)}{2}\right].$$

$$S_4 = \frac{S}{2}(1 - \cos\varphi_4).$$

$$5.\ P_5 = P'_p + P_l + P_f - K\left[S - S(\varphi_5) + \right.$$

$$\left. + \frac{mW(\varphi_5)}{2} + \frac{hmv(\varphi_5)}{2}\right].$$

$$S_5 = \frac{S}{2}(1 - \cos\varphi_5).$$

$$6.\ P_{min} = P'_p - P_f - \frac{mS\omega^2}{2}\cos\varphi_{max} -$$

$$- \frac{hmS\,\omega}{2}\sin\varphi_{max} - \frac{pm\psi}{4}S\,\omega\sin\varphi_2,$$

$$S_6 = \frac{S}{2}(1 - \cos\varphi_6).$$

Folosind această metodologie se poate elabora un program pentru calculator pentru orice sondă în pompaj.

Coordonatele punctelor pentru trasarea diagramei pentru sonda analizată sînt trecute în tabelul 4, iar reprezentarea grafică este redată în figura 3, diagrama 3.

*Tabelul 3*

| Punctul | $\varphi_c$ | $A$ | $P$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | kgf | N |
| 1 | 0 | 0 | 5 454 | 53 504 |
| 2 | 72 , | 1,036 | 8 343 | 81 845 |
| 3 | 91,84 | 1,548 | 9 394 | 92 155 |
| 4 | 180 | 3 | 7 670 | 75 242 |
| 5 | 252 | 1,963 | 4 778 | 46 872 |
| 6 | 271,84 | 1,451 | 3 572 | 35 041 |

## III. Posibilităţi de interpretare a diagramelor de dinamometrare

Pentru a dispune de concluzii corecte la sonda analizată, s-a realizat o suprapunere a trei diagrame de dinamometrare la aceeaşi scară : diagrama teoretică etalon, cu considerarea sarcinilor statice şi dinamice de inerţie [4] (folosind cinematica aproximativă, la prima metodologie indicată în lucrare); diagrama teoretică etalon, cu considerarea sarcinilor statice, a frecărilor şi a sarcinilor dinamice de inerţie, conform celei de-a doua metodologii [3], şi diagrama reală, înregistrată cu dinamometrul Johnson-Fagg.

Prin suprapunerea celor două diagrame teoretice, reduse la aceeaşi scară cu diagrama reală, se constată o apropiere a sarcinilor maxime şi minime reale cu cele calculate pentru înregistrarea diagramei teoretice, ţinînd seama de sarcinile dinamice şi de frecări (metodologia a doua).

Sarcina maximă determinată cu ajutorul diagramei reale este de 9 000,96 kgf (48 mm × 187,52 kgf/mm), iar sarcina minimă este de 4 125,44 kgf (22 mm × 187,52 kgf/mm).

De aceea se propune construirea acestei diagrame ca diagramă teoretică etalon, pentru compararea diagramelor înregistrate la automatizare sau înregistrate cu orice dinamometru. Acest tip de diagramă teoretică are şi avantajul că se poate obţine uşor cu ajutorul unui program la calculator.

Din alura diagramei reale se observă o lipsă de nivel la sondă.

Pentru a constata dacă această lipsă de nivel este reală sau aparentă, s-a urmărit sonda o perioadă mai îndelungată, înregistrîndu-se diagramele de dinamometrare de la pupitrul de automatizare între două intervenţii, urmărindu-se şi defecţiunile apărute la pompele extrase, prin controlul efectuat la atelierul de pompe.

În figura 4 sînt prezentate cîteva aluri tipice ale diagramelor şi electrogramelor înregistrate în decursul celor opt luni, perioada cît s-a realizat urmărirea regimului de lucru al unui grup de sonde în pompaj de adîncime [1].

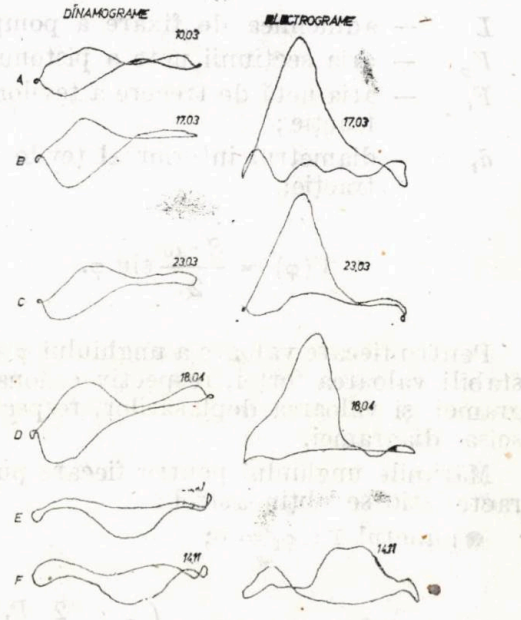



Fig. 4. Diagrame de dinamometrare şi electrograme înregistrate la diverse intervale de timp la pupitrul de automatizare.

Lipsa de nivel s-a menținut la această sondă și după înlocuirea pompei uzate, după cum se observă în figura 4, la diagramele *A*, *B*, *C*, *D*.

Această alură este accentuată și de prezența gazelor în pompă, fenomen confirmat de etalonarea sondei, dar și de alura electrogramelor înregistrate în același timp cu diagramele de dinamometrare.

Uzurile frecvente înregistrate la cîteva pompe schimbate la această sondă au constat în uzura garniturilor de etanșare de pe corpul pompei și al pistonului. Aceste uzuri sînt explicate și din alurile unor diagrame înregistrate, care indică o cursă necorespunzătoare a pistonului în pompă (diagramele *D* și *E*, fig. 4).

Prin calcularea randamentului volumetric al pompei:

$$\eta_v = \frac{Q_{real}}{Q_{teoretic}} = \frac{14}{44{,}8} = 0{,}31,$$

obținîndu-se o valoare mică, s-a propus micșorarea parametrilor de pompare.

S-a schimbat diametrul pistonului pompei, înlocuindu-se pompa $2\ ^7/_8 \times 1\ ^3/_4$ cu o pompă $2\ ^3/_8 \times 1\ ^1/_4$ in.

Prin această modificare randamentul volumetric al pompei s-a mărit la 57% și s-a diminuat lipsa de nivel. Se poate urmări acest lucru în diagramele înregistrate la pupitrul de automatizare (fig. 4, diagramele *E* și *F*).

## Concluzii

Trasarea diagramei teoretice după metoda menționată în lucrare pentru fiecare sondă în parte, precum și diagrama reală etalon vor constitui repere pentru interpretarea corectă a diagramelor reale la pupitrul de automatizare sau a diagramelor înregistrate cu dinamometrele mecanice sau hidraulice.

Diagrama reală etalon se va obține la orice sondă în pompaj în condițiile unui regim normal de lucru, adică verificînd dacă parametrii de pompare existenți ($S$, $n$, $F_p$) dau un randament volumetric optim al pompei (0,5—0,75), în condițiile unei bune echilibrări a unității de pompare. În aceste condiții diagrama etalon reală sa va înregistra la o zi sau două de la înlocuirea pompei.

Prin compararea diagramelor etalon — teoretică și reală — se pot pune în evidență unele sarcini suplimentare care apar în prăjina lustruită în timpul funcționării sondei și nu au fost luate în considerare la trasarea diagramelor teoretice.

Prin suprapunerea acestor diagrame etalon cu diagramele reale obținute cu diferite dinamometre sau înregistrate la pupitrul de automatizare, la diferite intervale de timp, se pot pune în evidență defecțiuni ale echipamentelor de adîncime și de suprafață ale sondelor în pompaj.

La stația de automatizare pot apărea defecțiunile traductoarelor de sarcină sau la pupitrul de vizualizare, defecțiuni ce influențează alura diagramelor, îngreunînd interpretarea acestora. De aici rezultă necesitatea diagramelor reale etalon pentru fiecare sondă în pompaj.

La sondele cu debite de lichid relativ mic (sub 20 m³ lichid pe zi), echipate cu pompe de extracție cu diametre mari, randamentul volumetric al pompei va fi mic, datorită umplerii incomplete a cilindrului pompei la un ciclu de pompare, lucru reflectat într-o diagramă de dinamometrare prin lipsă de nivel.

În astfel de cazuri, la cursa descendentă pistonul lovește nivelul lichidului din pompă după un anumit timp, forța reactantă de impact fiind suportată de prăjinile de pompare. Datorită valorilor ridicate ale forței de șoc, la sondele cu lipsă de nivel se înregistrează o creștere a numărului de ruperi ale prăjinilor de pompare.

Intensitatea forțelor de șoc la apariția lipsei de nivel poate fi diminuată prin reducerea vitezei pistonului sau mutarea lipsei de nivel, încît lovirea în fluid să se facă, pe cît posibil, la partea de sus a cursei pistonului.

Se poate acționa în acest caz și prin micșorarea secțiunii pistonului, deci la folosirea unor pompe de diametre mai mici, așa cum s-a procedat la sonda analizată.

Avînd posibilitatea urmăririi zilnice a dinamometrărilor prin stații automatizate, dispunînd de diagrame etalon pentru fiecare sondă, prin interpretarea calitativă a diagramelor reale se pot lua măsuri corespunzătoare pentru îmbunătățirea randamentului volumetric al instalației de pompare, pentru corectarea regimului de lucru al sondelor în pompaj, măsuri care vor conduce și la creșterea anduranței echipamentului de adîncime al acestor sonde.

### Bibliografie


[1] Cristescu, M., Tocan, I. *Posibilități de creștere a eficienței exploatării sondelor în pompaj de adîncime din raza de activitate a T.F.E. Boldești.* Contract nr. 91/1985, Ploiești, 1985.

[2] Cristescu, M., Grigore, V. *Tehnologia extracției petrolului și gazelor.* Îndrumar de laborator, Ploiești, 1984.

[3] Popovici, Al., Berindei, V. *Stabilirea prin calcul a dinamogramei de suprafață la unităților de pompare.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 4, 1978.

[4] Tocan, I. *Tehnologia extracției petrolului.* Ploiești, 1984.

# Cercetări teoretice şi experimentale privind stabilitatea presiunii optime pentru mandrinarea hidraulică a ţevilor în plăci tubulare

Conf. dr. ing. **I. Preda**
asist. ing. **S. Ţilimpea**
asist. ing. **I. Pană**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

Criteriile ce se utilizează pentru aprecierea calităţii îmbinării nedemontabile a două piese prin mandrinare presupun cunoscute deplasările elementelor şi implicit strîngerile realizate astfel. Să considerăm o zonă dintr-o placă tubulară utilizată la schimbătoarele de căldură, în jurul unui alezaj *1* în care urmează să fie mandrinată ţeava *2* (fig. 1). Dispunerea alezajelor în placa tubulară se consideră în triunghi echilateral, fiind cea mai frecvent utilizată.

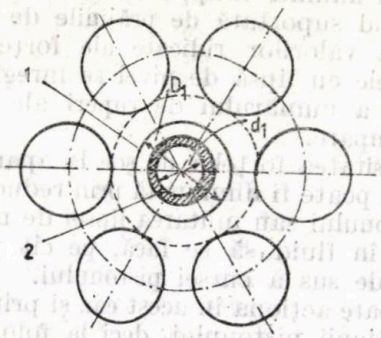



Fig. 1. Dispunerea în triunghi echilateral a alezajelor din placa tubulară.

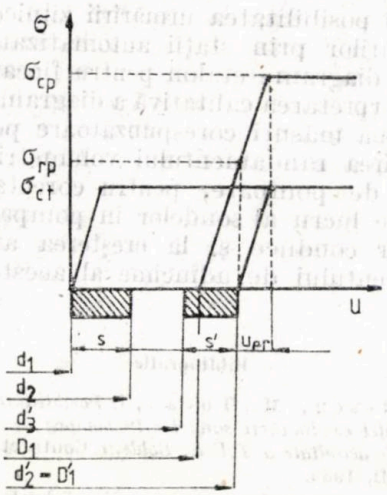



Fig. 2. Diagrama deplasărilor ţevii mandrinate şi ale alezajului plăcii tubulare.

Pentru realizarea mandrinării, în interiorul ţevii se introduce apă la o presiune suficient de mare pentru a produce curgerea pe toată grosimea peretelui ţevii şi deformarea elastică după aceea a peretelui plăcii tubulare. Evoluţia dimensiunilor ţevii şi alezajului plăcii în timpul procesului de mandrinare şi la încheierea acestuia se poate urmări în figura 2, unde curbele caracteristice ale materialelor au fost considerate de tip Prandtl. S-au noatat cu $d_1$ şi $d_2$ diametrul interior, respectiv exterior al ţevii înainte de mandrinare, cu $D_1$ diametrul iniţial al alezajului, iar cu $s$ grosimea peretelui ţevii. Mărimile cu accent au aceeaşi semnificaţie ca şi cele fără accent, dar după mandrinare. Se constată că valoarea strîngerii remanente $u_{er}$ este o funcţie de presiunea existentă în ţeavă, dar şi de caracteristicile mecanice ale materialelor, fiind pozitivă numai dacă placa este confecţionată dintr-un oţel superior celui utilizat pentru ţeavă.

Determinarea presiunii optime pentru realizarea operaţiei de mandrinare se face în urma aprecierii strîngerii remanente între ţeavă şi placă. Pentru acest lucru au fost utilizate două căi : teoria tuburilor cu pereţi groşi şi metoda elementului finit.

Considerînd că strîngerea maximă se obţine în situaţia în care materialul plăcii este adus în pragul curgerii, utilizînd teoria tuburilor cu pereţi groşi, se obţine expresia presiunii ce trebuie realizată în ţeavă :

$$p = \sigma_{ct}\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\ln\alpha + \frac{\sigma_{cp}}{\sigma_{ct}}\cdot\frac{\beta^2-1}{\sqrt{3\beta^4-1}}\right). \quad (1)$$

S-au utilizat următoarele notaţii :

$$\alpha = \frac{d_2}{d_1}; \quad \beta = \frac{D_2}{D_1};$$

$\sigma_{ct}$ şi $\sigma_{cp}$ sînt rezistenţele de curgere ale materialelor ţevii şi plăcii ;
$D_2$ este diametrul tubului imaginar în care s-ar face mandrinarea, avînd grosimea peretelui egală cu cea a puntiţei (diametrul exterior al acestui tub este reprezentat punctat în fig. 2).

Relaţia (1) a fost nomografiată cu variabilele $\alpha$, $\beta$ şi $\lambda = \frac{\sigma_{cp}}{\sigma_{ct}}$. Nomograma este prezentată în figura 3.

Pentru verificarea corectitudinii modelului unitubular al plăcii, precum şi pentru determinarea stării de tensiuni şi deformaţii existente în jurul alezajului mandrinat la o distanţă mai mare decît cea permisă de modelul unitubular, a fost utilizată metoda elementului finit.

La discretizarea plăcii s-a ţinut seama de simetria geometrică a structurii şi de simetria încărcării. Astfel s-a putut lua în studiu numai

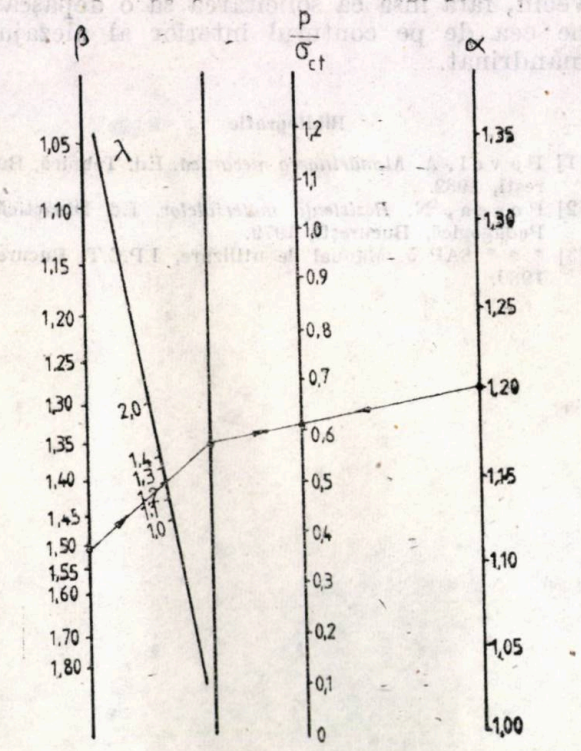



Fig. 3. Nonogramă pentru determinarea presiunii necesare realizării mandrinării.

un sector de 30° în jurul alezajului mandrinat, rezultatele obținute pe acest sistem putîndu-se extrapola pentru toată placa.

Discretizarea sectorului de placă tubulară s-a făcut într-un număr de 98 de elemente patrulatere însumînd 129 de noduri (fig. 4). Încărcarea constă în presiunea exercitată pe peretele alezajului mandrinat (încărcare în planul plăcii).

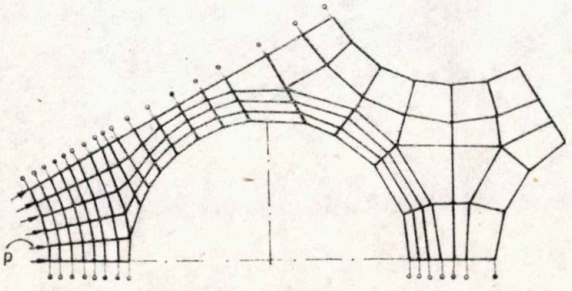



Fig. 4. Discretizarea unui sector de 30° din placa tubulară pentru aplicarea metodei elementului finit.

Pentru calcul s-a utilizat programul SAP 5 [3] realizat la Universitatea Berkley—California S.U.A. și adaptat pentru calculatorul românesc FELIX C-512 la I.P.C.T. București. Elementul finit a fost PLANE, element patrulater de tip izoparametric, iar pentru simularea legăturilor cu restul plăcii, pe contur au fost introduse blocaje prin elemente de tip BINDS. Toate nodurile ce nu sînt situate pe conturul exterior al structurii sînt libere în planul plăcii, putînd fi blocate sau nu după normala la placă. Știind că în timpul mandrinării fețele plăcii tubulare sînt libere (stare plană de eforturi)

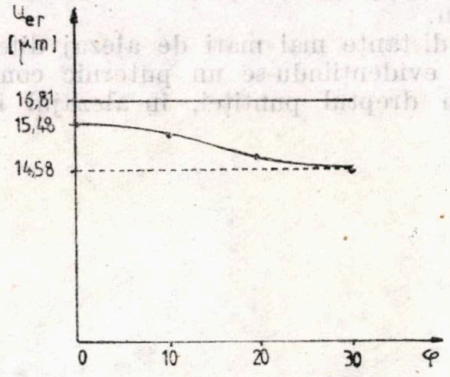



Fig. 5. Variația deplasării radiale a punctelor de la interiorul alezajului mandrinat în placa tubulară.

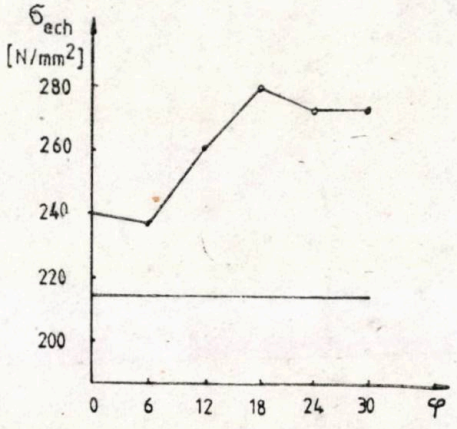



Fig. 6. Variația efortului unitar echivalent în punctele de la interiorul alezajului mandrinat în placa tubulară.

toate nodurile au fost considerate libere după normala la placă.

Rezultatele programului constau în furnizarea deplasărilor nodurilor și eforturilor unitare pe laturile și centrul fiecărui element. Deplasarea maximă se obține, după cum era de așteptat, în dreptul puntiței.

Pentru o placă cu puntița de 6,7 mm deformația radială obținută prin teoria tuburilor cu pereți groși la interiorul tubului, pentru o presiune de 100 MPa, este 16,81 μm, în timp ce prin metoda elementului finit se obține o variație aproximativ sinusoidală între 14,58 și 15,48 μm (fig. 5). Placa rămînînd în domeniul elastic, se poate aprecia că abaterea de la teorie rămîne aceeași și la alte presiuni.

La calculul eforturilor unitare echivalente în ambele variante s-a utilizat teoria de rezistență a lui von Mises. La interiorul alezajului mandrinat rezultatele obținute sînt relativ apropiate. La aceeași presiune de 100 MPa,

teoria tuburilor cu pereţi groşi dă un efort unitar echivalent pe conturul interior de 217 N/mm², în timp ce metoda elementului finit evidenţiază o variaţie cuprinsă între 242 şi 280 N/mm² (fig. 6). Se impune deci o corecţie de aproximativ 30% pentru obţinerea efortului unitar maxim.

La distanţe mai mari de alezaj diferenţele cresc, evidenţiindu-se un puternic concentrator în dreptul puntiţei, în alezajul imediat vecin, fără însă ca solicitarea să o depăşească pe cea de pe conturul interior al alezajului mandrinat.

**Bibliografie**


[1] P a v e l, A. *Mandrinarea mecanică*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1982.

[2] P o s e a, N. *Rezistenţa materialelor*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.

[3] * * * SAP 5. Manual de utilizare, I.P.C.T. Bucureşti, 1980.

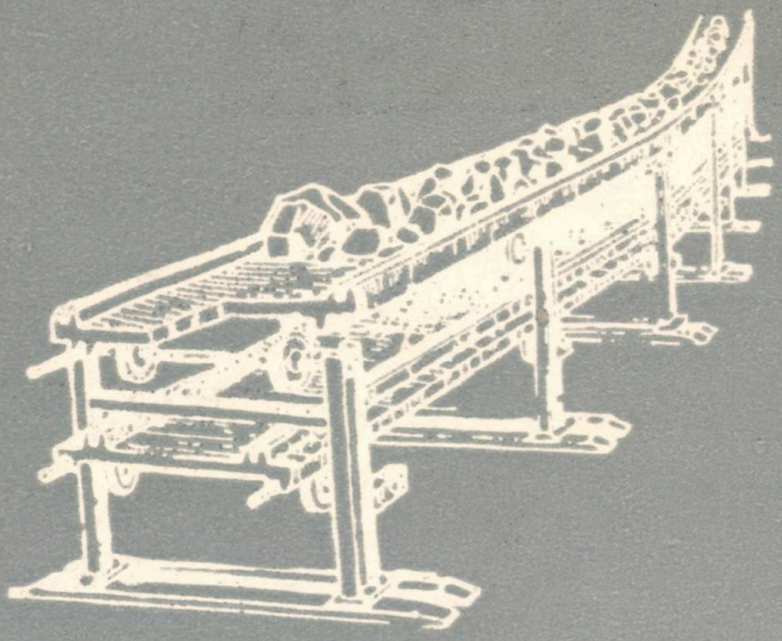


Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector I, cod 71104, C.P. 22 — 146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti.

Grafica: A. Socaciu

**Preţul: 13 lei/exemplar**

Întreprinderea de producție industrială pentru construcții căi ferate „HARGHITA" — MIERCUREA-CIUC
Str. Harghita nr.37
Telex: 67248 — Telefon: 958/13040...45



I.P.I.C.C.F. HARGHITA proiectează, produce, montează și predă la cheie TRANSPORTOARE CU BANDA PE CABLU TRACTOR DE OTEL.

Instalația este destinată transportării la distanțe mari a celor mai variate materiale în vrac cu granulație mare sau fină: cărbune, cocs, minereu de fier, bauxită, minereuri neferoase, roci granulate, piatră spartă, nisip, pământ, materiale din descopertă, produse agricole (cartofi, sfeclă, cereale etc.), materiale friabile.

CARACTERISTICILE TEHNICE:

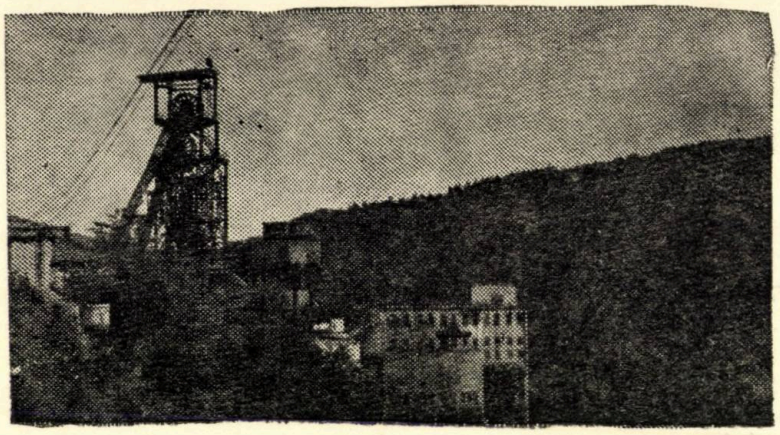
- lungimea de transport, 2700 - 5000 m;
- lungimea benzii de cauciuc, 1000 - 1400 m;
- diametrul cablului de oțel, 34 mm;
- viteza de transport, 2,4 - 3,0 m/s;
- capacitatea de transport, 500 - 750 t/oră;
- puterea instalată, 500 kW (2x250 kW) + 90 kW (2x45 kW).

CARACTERISTICI DE TRASEU:

- abatere de direcție - maximă: 58°;
  - minimă: 5°;
- raza de curbură - maximă: 830 m;
  - minimă: 250 m;
- ponderea porțiunilor curbe din lungimea totală a traseului, 50%.

AVANTAJE SPECIFICE:

- are lungimi mari și foarte mari;
- prin traseu urmărește configurația terenului, poate face curbe și schimbări de direcție;
- avînd banda de cauciuc susținută de role transversale, materialul transportat se așază lin pe covor, nu este agitat și scuturat în timpul transportului;
- deoarece banda de cauciuc nu este antrenată prin tamburi, la transportul materialelor lipicioase nu se produc alunecări pe tamburi;
- banda de cauciuc, neavînd tensiuni longitudinale, este rezistentă la materiale abrazive de transportat;
- în caz de defecțiuni majore (ruperea cablului sau a benzii de cauciuc), materialul transportat nu trebuie descărcat de pe bandă;
- are capacitate mare de transport.



CMB
ANINA

COMBINATUL MINIER BANATUL
ANINA, str. Muncii nr. 2, telefon 30978

1990 APR 20

PRODUCE SI LIVREAZA BENEFICIARILOR INTERNI:

- huilă spălată pentru cocs;
- huilă energetică;
- cărbune brun;
- lignit;
- şist bituminos;
- argilă refractară.

EFECTUEAZA LUCRARI DE CERCETARE SI PROIECTARE IN DOMENIUL:

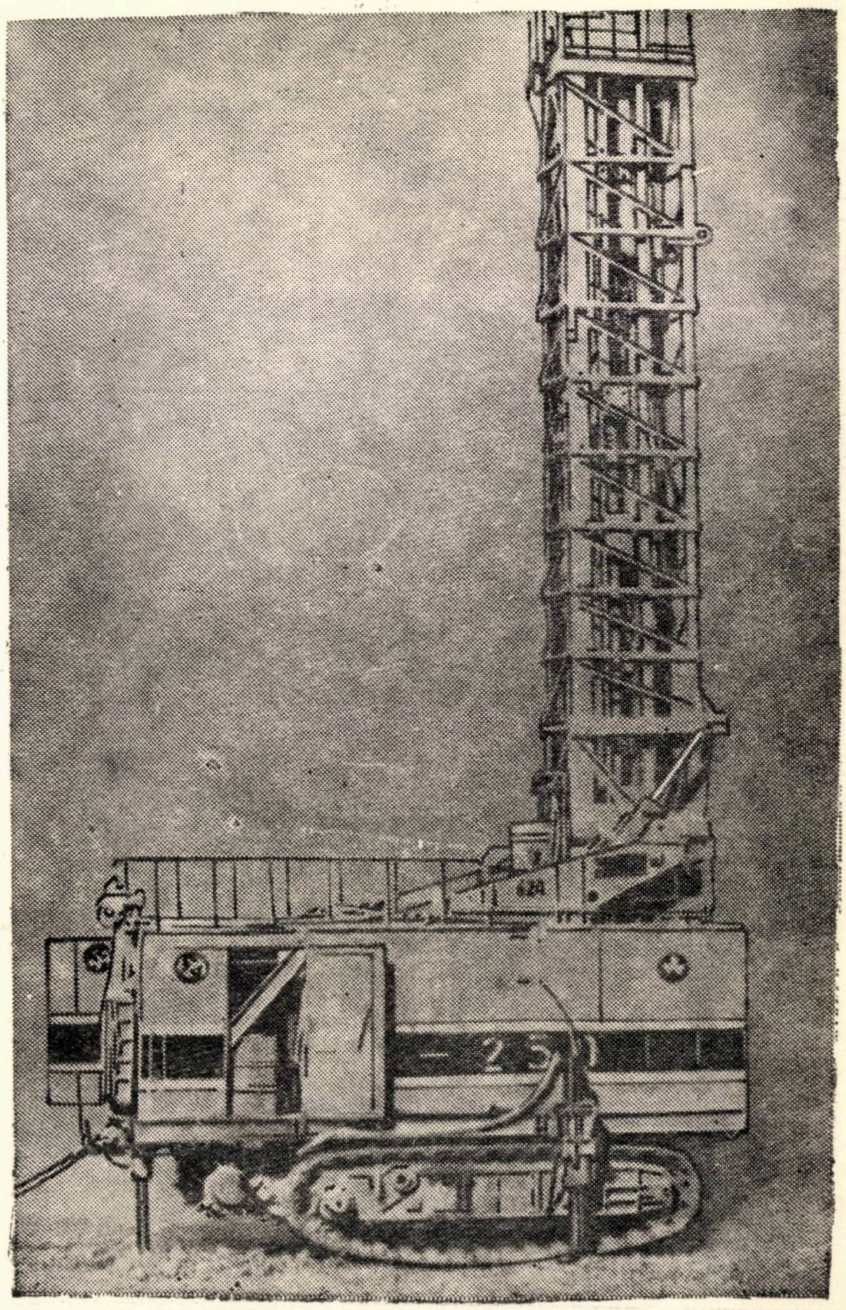
- extracţia huilei, cărbunelui brun, lignitului şi argilei refractare.

EXECUTA URMATOARELE TIPURI DE LUCRARI:

- deschideri miniere;
- lucrări geologice, hidrogeologice şi de asecări.

DIVERSE:

- construcţii metalice diverse;
- piese de schimb, subansamble şi reparaţia utilajelor miniere;
- transporturi auto;
- prestări de servicii.



E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

BUCUREȘTI - ROMÂNIA * Vol. 40, decembrie 1989

12

MINISTERUL MINELOR - COMBINATUL MINIER VALEA JIULUI

# ÎNTREPRINDEREA DE PIESE DE SCHIMB REPARAŢII UTILAJE ŞI ECHIPAMENTE ELECTROTEHNICE MINIERE PETROŞANI

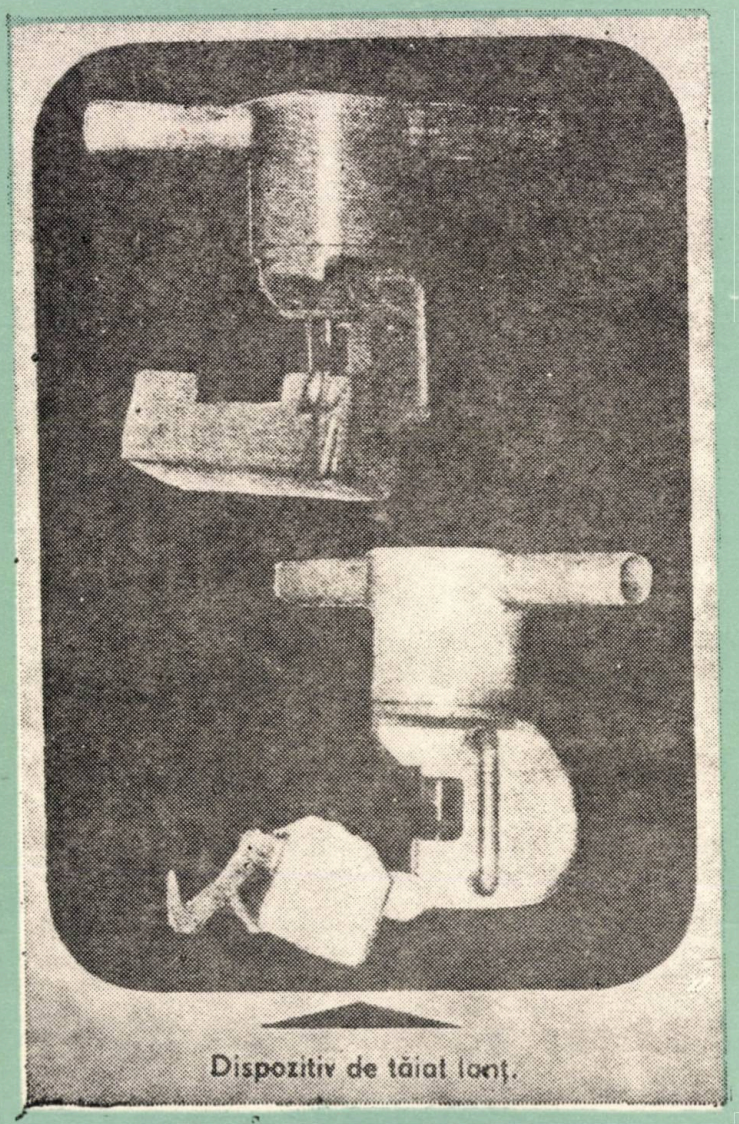
Execută dispozitive de mică mecanizare:

- DISPOZITIV DE TAIAT LANŢ pentru:
- tăierea zalelor de lanţ calibrat;
- tăierea oricăror bare cu diametrul de pînă la 30 mm;
- ca dispozitiv pentru spart piuliţe.
  - diametrul zalei, 14 – 30 mm;
  - masa dispozitivului, 37 kg.

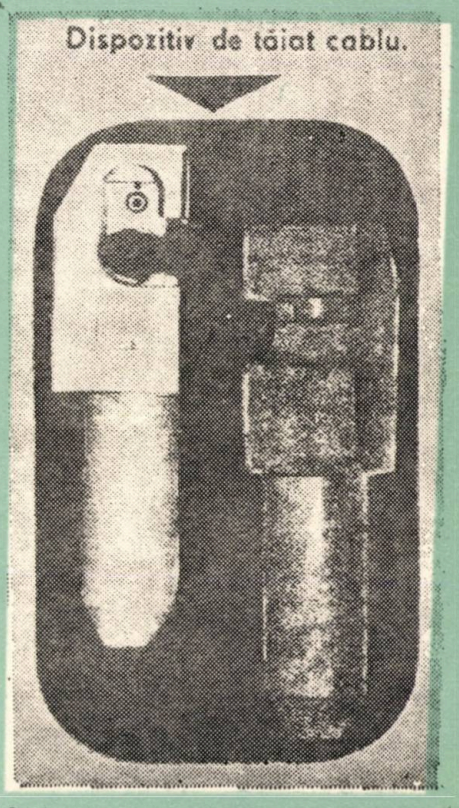
- DISPOZITIV DE TAIAT CABLURI din oţel utilizate în industria minieră:
  - diametrul maxim al cablului, 25 mm;
  - masa dispozitivului, 12 kg.

DISPOZITIVELE DE MICA MECANIZARE reduc efortul fizic al lucrătorului şi timpul necesar efectuării respectivelor operaţii.

IPSRUEEM PETROSANI
Str. Lunca nr. 115
Tel. 44902, 43962, 44462
Inter 120



Dispozitiv de tăiat lanţ.



Dispozitiv de tăiat cablu.

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

Nr. 12 1989


## CUPRINS


**Iliaş, N., Zamfir, V., Rusz Sorina** *Sisteme de avans pentru combine miniere* 564

**Fotă, D.** *Consideraţii asupra factorilor care influenţează stabilitatea fronturilor de abataj din minele de lignit din bazinul Motru—Rovinari* 571

**Comşa, V., Mehaysen Ahmed Mehasneh** *Aportul dilatării mediilor solid şi lichid la recuperarea ţiţeiului în procesele termice de exploatare a acestuia* 585

**Dărvăreanu, Şt., Teodorescu, Şt.** *Amestecătoare laterale pentru rezervoare realizate în România* 591

**Somoghi, V.** *Metode şi relaţii pentru calculul căderilor de presiune la curgerea sistemelor bifazice, vapori-lichid, prin conducte orizontale* 593

**Informaţii**

**Index**



Preşedinte: ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; vicepreşedinţi: dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; membri: ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Gâf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, redactor.


## REZUMATE


C.Z. 622.232.7

Iliaş, N., Zamfir, V., Rusz Sorina *Sisteme de avans pentru combine miniere*

Se prezintă, în sinteză, o sistematizare şi o clasificare a mecanismelor de avans utilizate la deplasarea combinelor de abataj cu menţionarea complexului de cerinţe şi factorii care influenţează construcţia, precum şi tendinţele în perfecţionarea lor.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr.12, 1989

C.Z. 622. 284

Fotă, D. *Consideraţii asupra factorilor care influenţează stabilitatea fronturilor de abataj din minele de lignit din bazinul Motru—Rovinari*

Pentru asigurarea stabilităţii frontului de abataj, la exploatarea în subteran a lignitului în bazinul Motru — Rovinari, echipamentul de susţinere trebuie să fie de tip îngrăditor cu sprijinitori de front. La adîncimi mai mari decît limita de stabilitate relativă, viteza de avansare poate fi mărită şi prin scurtarea lungimii frontului de abataj, cu importante avantaje economice.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z. 622.276.4

Comşa, V., Mehaysen Ahmed Mehasneh *Aportul dilatării mediilor solid şi lichid la recuperarea ţiţeiului în procesele termice de exploatare a acestuia*

Autorii analizează mecanismul dezlocuirii ţiţeiului ca urmare a dilatării mediilor solid şi fluid într-un proces termic, precum şi gradul de influenţă a recuperării ţiţeiului prin dilatarea termică a acestor medii.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.692.239 : 621.929

Dărvăreanu, Şt., Teodorescu, Şt. *Amestecătoare laterale pentru rezervoare realizate în România*

Sînt prezentate amestecătoarele laterale pentru rezervoare de tip basculant cu transmisie prin curele, de tip basculant cu transmisie cu angrenaj conic şi de tip fix cu angrenaj conic, în variantele fixat la sol sau ancorat la rezervor, ale căror proiecte au fost elaborate la Institutul de Petrol şi Gaze din Ploieşti.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.692.4

Somoghi, V. *Metode şi relaţii pentru calculul căderilor de presiune la curgerea sistemelor bifazice, vapori-lichid, prin conducte orizontale*

Sînt prezentate o serie de aspecte specifice curgerii bifazice şi cîteva metode de calcul al căderilor de presiune pentru aceste sisteme, mai frecvent utilizate, preluate din literatura de specialitate.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

# CONTENTS


C.Z. 622.232.7

Iliaş, N., Zamfir, V., Rusz Sorina *Heading systems for mining shearers*

The article presents, in a nutshell, a classification and systematization of heading mechanisms used for stope shearers, at the some time listing the complex of requirements and factors which influence their construction as well as the trends in their improvement.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

C.Z.622.264

Fotă, D. *Some considerations on the factors which have an influence on the stability of the stope face in the lignite mines in the Motru — Rovinari basin*

In order to seccure stope face stability mining the lignite in the Motru — Rovinari basin, the equipment must be of the shut — in type, with face props. At depths over the relative stability limit, the heading speed can be improved by reducing the stope face, with significant economic advantages.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

C.Z. 622.276.4

Comşa V., Mehaysen Ahmed Mehasneh *The impact of solid and liquid media dilatation when recovering crude by thermal methods*

The autors analyse the mechanism of crude dislocation as a result of solid and fluid media dilatation in a thermal process as well as the importance of crude recovery by the thermal dilatation of these media.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

C.Z. 622.692.239:621.929

Dărvăreanu, Şt., Teodorescu, Şt. *Side mixers for Romanian made silos*

The article presents the side mixers for tip-up silos with belt transmission, tip-up silos with conical drive and fixed silos with conical drive, when they are either fixed to the ground or anchored to the silos and whose projects have been conceived at the Ploieşti Oil and Gas Institute.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

C.Z. 622.692.4

Somoghi V. *Methods and solutions for the calculation of pressure drops in the case of two-phase system flow through horizontal pipes*

The article presents several aspects which are specific to two-phase flowing as well as a number of calculation methods for the pressure drops in these systems, which are more frequently used than others and have been mentioned in the literature.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989


---

# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 622.232.7

Илияш, Н., Замфир, В., Рус Сорина *Системы подачи для угольных комбайнов*

В синтезе представлены систематизация и классификация механизмов подачи, используемых для передвижения угольных комбайнов, сохранением комплекса требований и факторов, влияющих на конструкцию, а также тенденции их усовершенствования.

Ключевые слова: *система подачи, угольный комбайн, механизм, усовершенствование.*

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

УДК 622.284

Фотэ, Д. *Соображения о факторах, повлияющих на стабильность забойного фронта в лигнитных шахтах бассейна Мотру — Ровинарь*

В виду обеспечения стабильности забойного фронта во время подземной разработки лигнита в бассейне Мотру — Ровинарь, используемая крепь должна быть поградительного типа с опорами на фронте. На больших глубинах, чем предел относительной стабильности, подающую скорость можно увеличить и укорочением длины фронта с значительными экономическими выгодами.

Ключевые слова: фактор, стабильность, фронт, лигнит, бассейн Мотру-Ровинарь, крепь.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

УДК 622.276.4

Комша, В., Мехайсен Ахмед Мехаснех *Вклад расширения твёрдой и жидкой сред при рекуперации нефти в термических процессах*

Авторы анализируют механизм вытеснения нефти благодаря расширению твёрдой и жидкой сред в термическом процессе, а также уровень влияния рекуперации нефти термическим расширением этих сред.

Ключевые слова: среда, рекуперация, нефть, термический процесс.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

УДК 622.692.239:621.929

Дэрвэряну, Шт., Теодореску, Шт. *Боковые смесители для румынских резервуаров*

Описаны боковые смесители для опрокидного типа с ремённой передачей опрокидного типа с конической зубчатой передачей и неподвижного типа с конической зубчатой передачей и неподвижного типа с конической зубчатой передачей, в вариантах закреплены на земле и анкерированы на резервуар, проекты которых были разработаны Институтом нефти и газа Плоешть.

Ключевые слова: смеситель, резервуар, передача, институт, Плоешть.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

---

УДК 622.692.4

Шомоги, В. *Методы и расчётые отношения распада давления при течении двуфазных систем — пар-жидкого — через горизонтальные трубопровод*

Представлены ряд вопросов, специфических двуфазному течению, и несколько методов расчёта распада давления для этих чаще используемых систем, встреченных в литературе.

Ключевые слова: метод, расчёт, давление, течение, трубопровод.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

## SOMMAIRE

C.Z.622.232.7

Iliaş, N., Zamfir, V., Rusz Sorina *Systèmes d'avancement pour les combines minières*

On présente synthétiquement une systématisation et une classification des mécanismes d'avancement utilisés au déplacement des combines d'abattage en mentionant aussi le complèxe d'exigences et de facteurs qui influencent la construction, de même que les tendences dans leur perfectionnement.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.284

Fotă, D. *Considérations sur les facteurs qui influencent la stabilité du front d'abattage des mines de lignite du bassin Motru — Rovinari*

Afin d'assurer la stabilité du front d'abattage, à l'exploitation souteraine du lignite du bassin Motru — Rovinari, l'equipement de soutènement doit être type clôture avec des étaiements de front. A des profondeurs plus grandes que la limite de stabilité relative, la vitesse d'avancement peut être augmenté aussi par le raccourcissement de la longueur du front d'abattage, avec des avantages économiques considérables.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.276.4

Comşa, V., Mehaysen Ahmed Mehasneh *L'apport de la dilatation des milieux solide et liquide dans la récupération de l'huile dans les processus thérmiques*

Les auteurs analysent le mécanisme du déplacement de l'huile à la suite de la dilatation des milieux solide et liquide dans un processus thérmique, de même que le degré d'influence de la récupération de l'huile par la dilatation thérmique de ces milieux.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.692.239:621.929

Dărvăreanu, Şt., Teodorescu, Şt. *Mélangeurs latéraux pour des réservoires fabriqués en Roumanie*

On présente des mélangeurs latéraux pour des réservoires de type basculant avec transmission par câbles, de type basculant avec transmission par un engrainage conique et de type fixe avec engrainage conique, dans les variantes fixé au sol ou encoré aux réservoire, dont les projets ont été élaborés à l'Institut de Pétrole et Gaz de Ploieşti.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.692.4

Somoghi, V. *Méthodes et relations par le calcul des chutes de pression à l'écoulement des systèmes biphasiques, vapeurs-liquides, par des tuyaux horizontaux*

On présente une série d'aspects spéciphiques de l'écoulement biphasique et quelques méthodes de calcul des chutes de pression pour ces systèmes, plus fréquament utilisés, empruntés de la littérature de spécialité.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

## INHALT

C.Z. 622.232.7

Iliaş, N., Zamfir, V. Rusz Sorina *Rücksysteme für Schrämmwalzenladermaschinen*

Vorgestellt werden in einer Synthese, eine Systematisierung und Klassifizierung der bei den Schrämmwalzenladermaschinen eingesetzten Rücksysteme, mit Hinweisen auf den Forderungen und Faktoren, welche die Konstruktion beeinflüssen, sowie die Tendenzen in ihrer Verbesserung.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z.622.284

Fotă, D. *Betrachtungen über die Faktoren welche die Stabilität der Strebe der Lignitgruben des Reviers Motru — Rovinari beeinflüssen*

Für die Gewährleistung der Stabilität des Strebes bei dem untertägigen Abbau des Lignits in dem Revier Motru — Rovinari sollen Bockschildausbauausrüstungen mit Stossspreizen eingesetzt werden. Bei grösseren Teufen, welche die Grenze der relativen Stabilität überschreiten kann der Fortschritt auch durch die Verkürzung des Strebes erreicht werden. wobei dadurch wesentliche ökonomische Vorteile entstehen,

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z. 622.276.4

Comşa, V., Mohaysen Ahmed Melasneh *Der Beitrag der Dehnung der festen und flüssigen Medien bei der Rückgewinnung des Erdöls in den thermischen Prozessen*

Die Verfasser überprüfen das Mechanismus der Erdölverdrängung als Folge der Dehnung der festen und flüssigen Medien in einem thermischen Prozess, sowie den Beeinflüssungsgrad der Erdölrückgewinnung durch die thermische Dehnung dieser Medien.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z. 622.692.239:621.929

Dărvăreanu, Şt., Teodorescu, Şt. *Seitliche Mischer für Behälter, entwickelt in Rumänien*

Vorgestellt werden die seitlichen Mischer für Behälter des klappbaren Typs mit Keilriemenantrieb, des klappbaren Typs mit Kegelradgetriebe und des festen Typs mit Kegelradgetriebe, in den folgenden Varianten: mit Bodenbefestigung oder mit Behälterankerung. Alle Projekte wurden von dem Institut für Petroleum und Gase von Ploieşti erarbeitet.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

C.Z. 622.692.4

Somoghi, V. *Methoden und Beziehungen für die Druckfallrechnung bei der Strömung der biphasischen (Dampf — Flüssigkeit) Systeme durch horizontalen Leitungen*

Vorgestellt werden einige Aspekte der biphasischen Strömung und einige am meisten benutzten Druckfallrechnungsmethoden für diese Systeme, welche aus der Fachliteratur entnommen wurden.

Mine, Petrol şi Gaze, vol. 40, nr. 12, 1989

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Minieră, Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector 1, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti c. 1641
**Preţul: 13 lei/exemplar**
Grafica: A. Socaciu

# Sisteme de avans pentru combine miniere

Prof. dr. ing. **N. Iliaș**
conf. dr. ing. **V. Zamfir**
Institutul de Mine Petroșani

ing. **Sorina Rusz**
Întreprinderea Minieră Lupeni

## Generalități

În ultimul deceniu, în industria extractivă carboniferă din țara noastră, o atenție deosebită s-a acordat tehnologiilor de extragere cu complexe mecanizate, sisteme cu mari posibilități în realizarea de producții și productivități ridicate. Asemenea sisteme realizează susținerea abatajelor, cel mai adesea, cu susțineri mecanizate cu scut și mecanisme de echidistanțare, tăierea cărbunelui cu combina, iar transportul substanței minerale utile — cu transportoare cu raclete de tip greu (TR–4÷TR–7).

Luate în parte, ficcare din cele trei componente ale sistemului de mecanizare a fost și este continuu îmbunătățit, o dată cu acumularea de experiență proprie și evoluția acestor sisteme pe plan mondial.

În lucrarea de față, autorii prezintă, în sinteză, clasificarea și cerințele generale ale mecanismelor de avans utilizate la deplasarea combinelor de abataj, scoțînd în evidență, comparativ, complexul de factori ce influențează construcția, precum și tendințele în perfecționarea lor pe plan mondial [1; 3].

Mecanismul de avans este destinat deplasării mașinii în timpul lucrului și al manevrei și, de asemenea, pentru menținerea unui contact permanent între organul de tăiere și masiv.

Mecanismele de avans, după tipul acționării, se clasifică în: mecanice, hidraulice și electrice (fig. 1) (mecanismele electrice se află în prezent în stadiul de elaborare).

După locul de amplasare a acționării se deosebesc mecanisme de avans încorporate (montate direct pe combină) și separate (montate pe

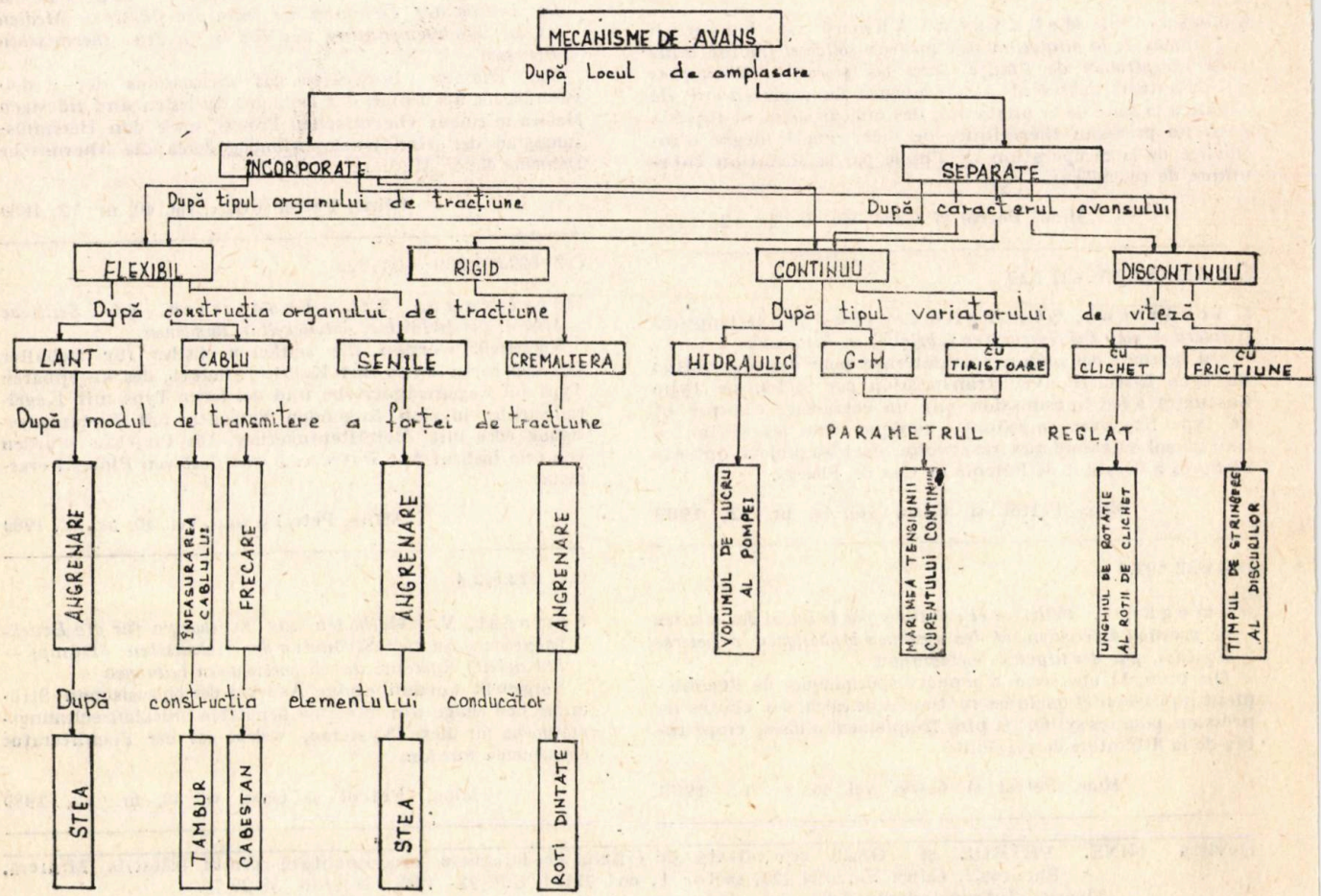



Fig. 1. Clasificarea mecanismelor de deplasare (avans).

ramele blocurilor de acționare ale transportorului de abataj, notate prescurtat, SAS). În cazul în care stratele au înclinare mare, rolul mecanismului de deplasare îl îndeplinește troliul de tracțiune — montat în galeria de aeraj.

După elementul de tracțiune, sistemele de avans sînt de tipul: cu cablu (SAC), cu lanț (SAL), fără lanț (SAFL) și pășitoare (SAP).

Dintre cerințele generale pe care trebuie să le îndeplinească mecanismele de avans amintim:

— reglarea lină, continuă în limite largi a vitezei de avans;

— asigurarea forțelor maxime de tracțiune (150—300 kN) și a vitezelor de avans în conformitate cu condițiile de lucru stabilite în STAS 11978—83;

— să aibă dispozitiv de protecție la suprasarcini;

— să rețină combina pe loc pe fronturi de înclinare mare în cazul decuplării motorului de acționare;

— să posede dispozitive care să asigure ancorarea trainică a organului de tracțiune și să necesite un volum minim de operații la capetele abatajului și la schimbarea sensului de deplasare al combinei; de asemenea să evite supraîntinderea organului de tracțiune la lucrul combinei în sarcină;

— organul de tracțiune la cele de tip SAL trebuie să aibă un coeficient de siguranță de minimum 5 în raport cu forța nominală de avans;

— să permită comanda manuală și automată a vitezei de avans;

— să permită fixarea cu exactitate a vitezei de avans zero, $V_a = 0$;

— să permită comanda combinei de la un număr minim de butoane și mînere amplasate pe pupitrul general al combinei.

Combinele pentru strate cu înclinări pînă la 35° trebuie să aibă comanda de la un pupitru staționar, amplasat pe combină sau portabil, amplasat în limitele de vizibilitate a combinei, iar combinele pentru strate cu înclinare între 35 și 90° — numai de la pupitrul portabil.

## Procedee de deplasare ale mașinii de abataj

Deplasarea mașinii de abataj se realizează cu mecanismul de avans prin unul din următoarele procedee.

**1.** Tragerea mașinii spre stîlpul de ancorare, cu ajutorul cablului întins în abataj. În cazul acesta cablul se înfășoară pe tamburul mecanismului de avans încorporat în mașină. Un asemenea procedeu se aplică la mașini de havat și la unele combine care taie fîșii late.

Dezavantajele procedeului: necesitatea remontării stîlpului de ancorare și a întinderii cablului la fiecare 20—40 m; durată de serviciu redusă a cablului.

**2.** Deplasarea mașinii cu mecanism de avans încorporat și lanț calibrat (fig. 2 *a-f*).

După locul de amplasare al lanțului față de combină și spațiul exploatat se deosebesc sisteme cu amplasarea organului de tracțiune pe partea dinspre surpare (fig. 2 *a*, *f*), pe partea dinspre front (fig. 2 *c*) și cu amplasare mixtă (fig. 2 *b*,*d*, *e*). Lanțul de tracțiune, în timpul

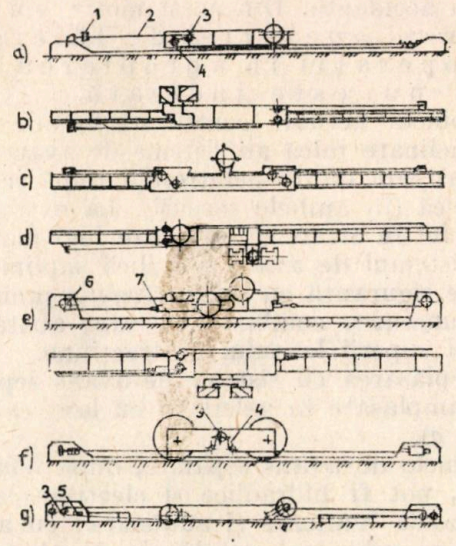



Fig. 2. Sisteme de avans ale combinelor de abataj cu organ de tracțiune sub formă de lanț: *1* — suport pivotant; *2* — lanț; *3* — stea de acționare; *4* — stea de deviere; *5* — compensator al lungimii lanțului; *6* — bloc; *7* — cilindru hidraulic de întindere a lanțului.

lucrului combinei, se întinde în lungul abatajului, iar capetele lui se fixează pe ramele capetelor de acționare ale transportorului.

Printre avantajele acestui procedeu se pot menționa:

- stabilitatea lanțului de tracțiune, ceea ce dă posibilitatea amplasării lui comode și sigure în abataj;
- întinderea redusă a ramurii goale a lanțului, ceea ce permite deplasarea liberă a transportorului în front și montarea (deplasarea) susținerii în urma combinei;
- forța în ramura de tracțiune este mai mică, iar randamentul mecanic mai mare decît la sistemele de avans separate;
- construcția mecanismului încorporat este mai simplă decît la cele separate.

Totuși procedeul are o serie de dezavantaje:

— creșterea lungimii mașinii;

— reducerea puterii pentru acționarea organului de tăiere cu 10—12%, consumată pentru acționarea mecanismului de avans;

— neuniformitatea deplasării mașinii, determinată de deformațiile elastice ale organului de tracțiune, masa mare a combinei și perturbațiile la organul de tăiere în timpul lucrului;

— organul de tracțiune amplasat în lungul abatajului poate duce la înrăutățirea condițiilor de încărcare a cărbunelui și a stabilității combinei;

— se înrăutățesc condițiile de menținere împotriva alunecării în jos pe abataj a transportorului cu raclete în cazul prinderii organului de tracțiune de capetele transportorului;

— posibilitatea ruperii organului de tracțiune;

— la exploatarea incorectă pot apărea așazisele „lovituri de bici" ale lanțului, care pot provoca accidente. Din acest motiv suprapunerea operației de tăiere cu alte operații în apropierea lanțului nu este indicată.

Combinele actuale pentru strate orizontale și de înclinare mică au sisteme de avans care le pot asigura lucrul neîntrerupt după schema în suveică (în ambele sensuri). La extragerea cărbunelui în strate cu înclinare mai mare de 8°, la sistemul de avans se aplică suplimentar trolii de siguranță cu cablu. Troliile preîntîmpină alunecarea combinei pe vatra abatajului în cazul ruperii lanțului de tracțiune.

**3.** Deplasarea cu sisteme de avans separate (SAS) amplasate în galerie și cu lanț calibrat (fig. 2 *g*).

Sistemele de avans separate, după felul acționării, pot fi hidraulice și electromecanice, cu comanda manuală și automată; cu aceste sisteme se echipează combinele de abataj de fișie îngustă și plugurile pentru exploatarea stratelor subțiri (0,55—0,8 m) cu înclinare pînă la 35°, unde este foarte dificil accesul la mecanismul de avans încorporat.

Pentru SAS este caracteristică existența a două acționări, amplasate mobil pe capetele de acționare ale transportorului de abataj, împreună cu care ele se deplasează. Avansul combinei se face cu un lanț calibrat închis în plan vertical, amplasat pe partea transportorului dinspre spațiul exploatat.

Prima acționare SAS după sensul de mișcare al combinei este principală, iar cea din spate este ajutătoare, întrucît efectuează slăbirea ramurii goale a lanțului. La schimbarea sensului de mișcare a combinei rolul acționărilor SAS se schimbă.

Avantajele acestui procedeu sînt:

- folosirea puterii motorului electric principal numai pentru acționarea organului executor;
- scurtarea lungimii combinei cu 1,5—2 m;
- buna accesibilitate la ansamblele SAS pentru revizii și reparații.

Principalele neajunsuri ale sistemului SAS sînt:

— existența a două ramuri ale organului de tracțiune care se mișcă în abataj, ceea ce îngreuiază amplasarea transportorului de abataj și montarea susținerii;

— existența a două mecanisme de avans amplasate la capetele abatajului.

**4.** Deplasarea mașinii cu troliul amplasat în galeria de aeraj (fig. 2 *g*).

Se aplică la combine destinate stratelor de înclinare medie și mare, de exemplu combinele sovietice „Temp" și „Komsomoleț". Deplasarea combinei de sus în jos se efectuează sub acțiunea greutății proprii cu viteza dată de troliu. Dacă componenta greutății este insuficientă pentru deplasarea combinei în jos, la partea inferioară a abatajului se montează un troliu suplimentar cu o forță de tracțiune de pînă la 40 kN.

**5.** Deplasarea mașinii cu sisteme fără lanț (SAFL).

Acest procedeu constituie rezultatul acțiunilor de perfecționare a mecanismelor de deplasare a combinelor și are o perspectivă deosebită.

Pe plan mondial s-a acumulat o suficientă experiență în privința creării și exploatării a diferite soluții constructive SAFL, care se pot clasifica după următoarele criterii:

— după locul de amplasare a organului executor încorporat pe combină și distribuit pe toată lungimea abatajului;

— după caracterul avansului: cu acțiune continuă și ciclică;

— după organul executor: cu roți, cu lanț și eclise, cu cilindri hidraulici;

— după organul de tracțiune: ghidaje dințate, ghidaje drepte cu bolțuri, conducte cu bolțuri.

**6.** Deplasarea mașinii cu mecanism pe șenile.

Acest procedeu se aplică foarte rar la combine de abataj (de exemplu la combine cu fișie lată K—56 M destinată stratelor cu grosimea de 1,9—2,5 m cu înclinare pînă la 8°).

*Sisteme de avans fără lanț*

Sistemele de avans fără lanț (SAFL) încorporate pe combină nu au lanț de tracțiune, rolul lui fiind îndeplinit de ghidajul rigid care constă din elemente legate articulat între ele.

Cea mai largă răspîndire au obținut-o mecanismele hidraulice de deplasare încorporate, cu acțiune continuă, cu organ executor tip roată. Ca organ de tracțiune se aplică ghidaje dințate și cu bolțuri (fig. 3).

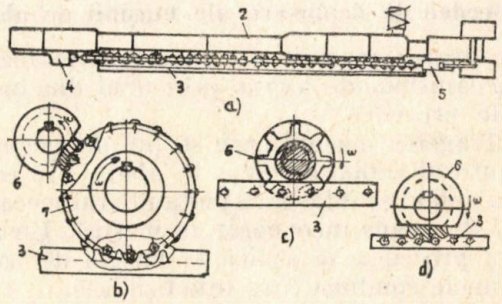



Fig. 3. Schema de deplasare în abataj cu sistemul de avans fără lanț: *a* și variante posibile de angrenare a roții cu cremaliera dințată *b*, cu tub *c*, cu bolțuri *d*: *1* — combină; *2* — transportor; *3* — ghidaj rigid (cremalieră); *4* — sanie de capăt; *5* — cilindru de întindere; *6* — stea de acționare; *7* — roată cu bolțuri.

Dintre sistemele de avans SAFL aplicate în ţările vest-europene se menţionează, ca fiind reprezentative, tipurile Rollrack, Eicotrack, Dinatrack, Peratrack, Rackatrack.

La sistemul Rollrack (fig. 4) al firmei Anderson (Anglia), deplasarea se asigură prin angrenarea a una sau două roţi motoare, prevăzute cu bolţuri sau role, cu o cremalieră montată pe laterala transportorului.

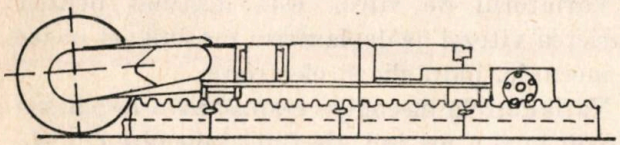


Fig. 4. Sistemul de deplasare Rollrack.

La sistemul de avans Eicotrack al firmei Eickoff, roata dinţată motoare, acţionată de reductorul mecanismului de avans, angrenează cu o roată intermediară, care se deplasează pe o ţeavă cremalieră, fixată pe marginea transportorului.

La sistemul Dinatrack al firmei Halbach-Braun (fig. 5) steaua de acţionare intră în angrenare cu un lanţ special cu zale rotunde, fixat într-un jgheab de ghidare, montat pe marginea transportorului (pe partea dinspre front sau dinspre spaţiul exploatat).

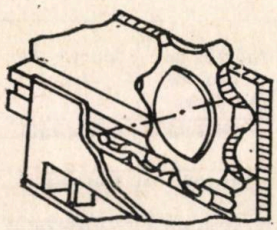


Fig. 5. Sistemul de avans Dinatrack.

Sistemul Peratrack constă dintr-un lanţ scurt acţionat de către combină, role de întindere şi conducere şi un dispozitiv prin care se realizează contactul lanţului cu o bară canelată fixată pe transportor.

Pe plan mondial se află în experimentare şi alte sisteme tip SAFL : cu lanţ cu eclise, păşitoare şi cu fricţiune. Astfel, se pot menţiona în U.R.S.S. : un sistem cu lanţ cu eclise conceput de Institutul de lucrări miniere A. A. Skocinski, un sistem de avans păşitor pentru combina KŞ—1KG şi un sistem de avans cu fricţiune pentru plug MGI.

În Anglia cea mai largă răspîndire a căpătat-o sistemul de avans Rackatrack al firmei Pitcraft. În construcţia acestuia se foloseşte un lanţ special închis în plan vertical, care intră în angrenare cu o bară de ghidaj (fig. 6). Lanţul are rezistenţa la rupere de 120 t şi este condus pe roata de acţionare a cabestanului, o rolă de întindere şi una de conducere. Pe întreaga lungime a abatajului este montată pe transportor o ramă formată din bare metalice legate între ele şi prevăzute cu orificii în care se introduc bolţuri, avînd diametrul mai

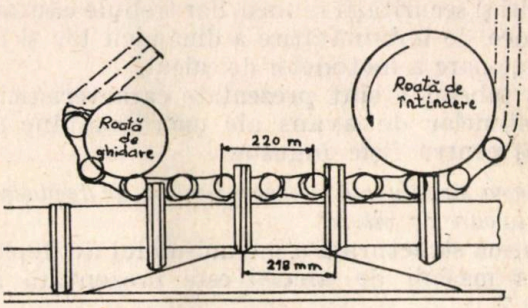



Fig. 6. Sistemul de deplasare Rackatrack.

mic cu 2 mm decît distanţa dintre eclisele lanţului. Un papuc glisant fixat la talpa combinei împinge bolţurile în orificiile lanţului de tracţiune, realizînd prin acest sistem de cuplare — deplasarea combinei (fig. 6). Sistemul de avans păşitor este bazat pe folosirea a doi cilindri hidraulici de păşire, prinşi articulat la combină pe partea dinspre front sau spaţiul exploatat.

Tijele cilindrilor hidraulici au construcţii speciale pentru prinderea barei de ghidaj amplasate pe laterala transportorului.

Cilindrii, prinzîndu-se alternativ de bara de ghidaj, asigură avansul combinei. Sistemul păşitor se foloseşte la o serie de combine în Franţa şi Anglia. Forţele de deplasare dezvoltate de aceste sisteme de avans ating 150—250 kN.

Sistemul de avans cu fricţiune este bazat pe deplasarea maşinii în lungul abatajului cu ajutorul unor role de acţionare, apăsate cu cilindrii hidraulici, sau cu sisteme automate cu pîrghii pe rama transportorului. Un astfel de sistem de avans a realizat firma Becorit (Anglia).

Avantajele SAFL faţă de cele cu lanţ (SAL) constau în următoarele :

— crearea pe baza SAFL a mecanismelor de deplasare cu autofrînare, care asigură lucrul combinei în stratele de înclinare mică şi medie, ceea ce nu s-a reuşit să se facă cu SAL ;

— lucrul combinei cu foarte mici oscilaţii ale vitezei de avans, ceea ce creează condiţii pentru tăierea fişiei cu grosime constantă la o mai eficientă folosire a puterii instalate ;

— creşterea siguranţei şi securităţii la deservirea combinei prin eliminarea lanţului care constituie o sursă permanentă de accidente :

— îmbunătăţirea condiţiilor de muncă, datorită reducerii intensităţii zgomotului ;

— productivitate mai mare prin crearea posibilităţii de a introduce mai multe combine în abataj.

Lipsa organului de tracțiune în abataj reduce opririle combinei datorate nefuncționărilor mecanismului de deplasare cu pînă la 45%.

Analiza arată că trecerea de la sistemele de avans cu lanț (SAL) la cele fără lanț (SAFL) este progresistă din punctul de vedere al tehnologiei și securității muncii, dar trebuie căutate procedee de îmbunătățire a dinamicii lor și de perfecționare a metodelor de calcul.

În tabelul 1 sînt prezentate caracteristicile mecanismelor de avans ale unor combine de abataj pentru fișie îngustă.

*Schema structurală a mecanismelor de deplasare și variatoare de viteză*

Schema structurală a mecanismului de deplasare a mașinii de abataj este prezentată în figura 7.

De la arborele motorului electric *ME* rotația se transmite prin transmisia cu roți dințate $T_1$ variatorului de viteză *VV*, iar, de la el, prin a doua transmisie $T_2$ — elementului conducător *EC* al mecanismului de deplasare (stea, roată cu bolțuri, lanț cu eclise etc., în funcție de felul organului de tracțiune care poate fi lanț sau cremalieră).

Variatorul de viteză este destinat pentru varierea vitezei de deplasare a mașinii; el poate fi mecanic, hidraulic și electronic.

Variatoarele mecanice realizează o deplasare discontinuă a mașinii, ele fiind înlocuite cu cele hidraulice.

*Tabelul 1*

**Caracteristicile mecanismelor de avans ale combinelor de abataj cu fișie îngustă**

| Parametrii | NK—67 M | K—103 | 1K—101 | 2K—52 N | 2K—52MU | KWB—3RDU |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mecanismul de avans<br>— tip<br>— amplasare | 1G-406<br>încorporat | VSP<br>separat | Ural-37<br>încorporat | G-405<br>încorporat | 1G-405R<br>încorporat | încorporat |
| Viteza de avans m/min:<br>— de lucru<br>— de manevră | 0—0,5<br>— | 0—10,0<br>— | 0—3,5<br>— | 0—4,4<br>— | 0—4,4<br>— | 0—7,4<br>— |
| Forța de tracțiune, kN<br>— de lucru<br>— de manevră | 140<br>— | 180<br>— | 150<br>— | 160<br>— | 250<br>— | 270<br>— |
| Organul de tracțiune | Lanț 23 × 86 D — 2 | | | Lanț 23 × 86 D — 2 | | |
| Amplasarea organului de tracțiune | spre front | — | spre front | funcție de sensul de extragere | funcție de front | spațiul exploatat |
| Amplasarea stelelor de lucru | orizontală | verticală | orizontală | orizontală | orizontală | |
| Tipul pompei hidraulice | NP-100 | | URS-5; NP-120 | NP-120 | 1NP-120 | |
| Tipul motorului hidraulic | D5-101 | | URS-10; DP-510 M | PN-510 | DP-510 I | |
| Masa mecanismului de avans, kg | 2 300 | — | 2 460 | 2 400 | 2 400 | 2 100 |
| Țara (firma) | U.R.S.S. | U.R.S.S. | U.R.S.S. | U.R.S.S. | U.R.S.S. | R.P.Polonă |
| Parametrii | 1 GȘ-68 | 2 GȘ-68 | KȘ-3 M | 2KȘ-3 | CA-1 | CA-2 |
| Mecanismul de avans<br>— tip<br>— amplasare | hidralulic<br>încorporat | fără lanț<br>încorporat | G-405<br>încorporat | G-405<br>încorporat | G-404<br>încorporat | —<br>încorporat |
| Viteza de avans, m/min<br>— de lucru | 0—4,4(5,5) | 0—6,0 | 0—4,0(3,0) | 0—10,0 | 0—6,0 | 0—3,0 |
| Forța de tracțiune, kN<br>— de lucru | 160 | 250 | 160(240) | 450; 360 | (160—190) | 100 |
| Organul de tracțiune | lanț<br>26×92 D-2 | | lanț<br>26×92 D-2 | lanț<br>26×96 D-2 | lanț<br>23×86 clasaC | lanț<br>24×86 |
| Amplasarea organului de tracțiune | spre spațiul exploatat | | în funcție de sensul de extragere | | | |
| Amplasarea stelelor de lucru | verticală | | orizontală | | | |
| Tipul pompei hidraulice | 1NP-120 | NP-200 | 1NP-120 | 1NP-120 | 1NP-120 | P-200 |
| Tipul motorului hidraulic | DP-510 I | DP-4 | DP-510 | 1 DP-4 | DP-510 | |
| Masa mecanismului de avans, kg | — | 1 472 | 2 380 | — | 1 675 | — |
| Țara (firma) | U.R.S.S. | U.R.S.S. | U.R.S.S. | U.R.S.S. | R.S.R. | R.S.R. |

Mecanismele de avans hidraulice cuprind: pompa de ulei, motorul hidraulic care rotește, prin intermediul reductorului, steaua de acționare și dispozitivele corespunzătoare de comandă

EC - element conducător
ME - motor electric
V.V. - variator de viteză
T1, T2 - transmisii cu roți dințate.

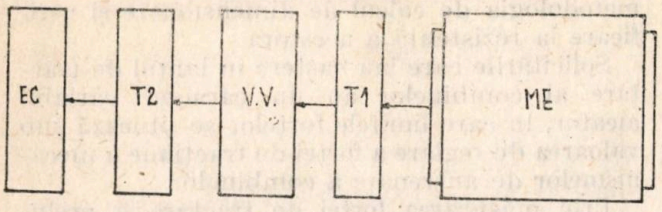



Fig. 7. Schema structurală a mecanismului de deplasare.

și reglare, amplasate într-un corp. Pompa este acționată de motorul electric al părții de tăiere a combinei.

Viteza de avans a combinei se reglează prin varierea debitului pompei, iar forța de avans — prin varierea presiunii în sistemul hidraulic.

În cadrul mecanismelor moderne de deplasare ale combinelor de abataj cea mai largă aplicare au căpătat pompele cu pistoane radiale, axiale și motoarele hidraulice cu pistoane radiale reglabile, nereglabile și axiale.

Pompele reglabile lucrează cu un debit reglabil, iar cele nereglabile cu debit constant. Motoarele hidraulice pot fi: de moment mic ($M_r \leqslant 0{,}5$ kN · m și cu frecvența de rotație a arborelui de ieșire pînă la $\omega_r \leqslant 6{,}6\ s^{-1}$), care necesită obligatoriu existența unui reductor pentru reducerea turației și creșterea momentului de rotație la arborele de ieșire; de moment mare ($M_r > 5$ kN·m, $\omega_r = 0{,}3 \div 1{,}65\ s^{-1}$), care permit realizarea mecanismelor de deplasare fără reductor.

La mecanismele de deplasare hidraulice în calitate de fluid de lucru se folosește ulei industrial cu calități bune de ungere la temperaturi de 50—60°C.

Ca avantaje ale mecanismelor de avans hidraulice menționăm reglarea lină a vitezei de avans și imobilitatea elementului de tracțiune.

Dintre mecanismele de avans mai reprezentative, folosite pe plan mondial, amintim mecanismul sovietic G—404, construit pentru combine cu fișie îngustă, avînd o înălțime a corpului de 400 mm.

Mecanismul de avans Garlovka-404 este destinat deplasării (avansului longitudinal) combinei de abataj, cu făgaș îngust tip CA-1, precum și deplasării altor tipuri de combine cu făgaș îngust: 2K—52, KȘ—1KG, 1K—101, KȘ—3M etc.

Execuția echipamentului electric al mecanismului de avans permite utilizarea acestuia în mine periculoase din punctul de vedere al gazului și prafului, iar în funcție de condițiile de ungere poate lucra în abataje cu înclinarea vetrei în lungul abatajului de 35° și pe direcția transversală de pînă la 8°.

Mecanismul de avans cuprinde acționarea hidromecanică, blocul electric și consola de fixare a cablului electric.

Ele se fixează pe fața laterală a motorului combinei prin șuruburi.

Mecanismul de avans se deplasează în lungul frontului de abataj, împreună cu combina, prin interacțiunea stelei de acționare cu organul de tracțiune imobil (lanțul) fixat la capetele abatajului.

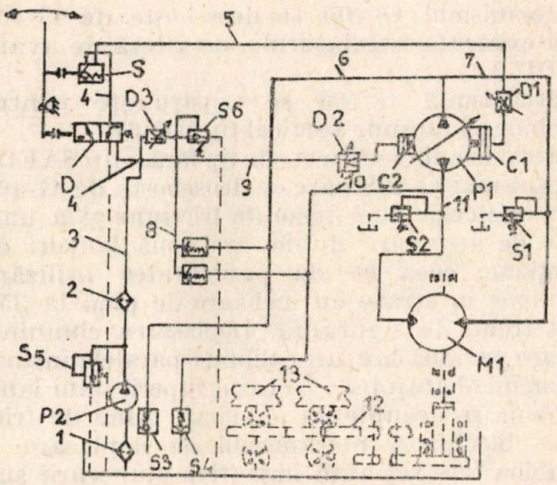



Fig. 8. Schema hidraulică a părții de avans a combinei CA-1.

În figura 8 este prezentată schema hidrocinematică a părții de avans a combinei românești CA-1; schema conține un circuit de forță și unul de comandă.

Circuitul de forță este compus din pompa hidraulică rotativă $P_1$, motorul hidraulic rotativ $M_1$, conductele *6* și *10* — pentru alimentarea pompei hidraulice—și conductele *7* și *11* pentru alimentarea motorului hidraulic.

Pompa hidraulică NP-120 (cu debit de 120 l/min) este cu pistonașe radiale, cu debit variabil. Variația debitului pompei se realizează prin modificarea excentricității statorului față de rotor, prin deplasarea statorului cu cilindrii hidraulici $C_1$ și $C_2$ alimentați din circuitul de comandă.

Circuitul de forță este un circuit hidraulic închis. Motorul hidaulic tip DP—510 este tot cu pistonașe radiale. El acționează, prin intermediul reductorului *12*, stelele *13* cu ajutorul cărora combina se autotractează pe lanțul calibrat întins de-a lungul abatajului și ancorat la extremitățile acestuia.

Pentru protecția circuitului hidraulic de forță la suprasarcini, pe conductele *7* și *11* sînt montate supapele de siguranță $S_1$ și $S_2$. Pe conductele de aspirație *6* și *10* sînt montate supapele

de autoreținere (de sens) $S_3$ și $S_4$ și circuitul de comandă care conține pompa hidraulică cu piston $P_2$ ce aspiră uleiul din rezervor prin filtrul grosier *1* și îl refulează prin filtrul fin *2*, conductele *3*, *4*, *5*, *9* spre cilindrii hidraulici $C_1$ și $C_2$ și prin conducta *8* spre circuitul de forță, ca ulei de completare. Acționarea cilindrilor $C_1$ și $C_2$ se comandă cu distribuitorul $D$ și supapa $S$. Protecția circuitului la suprasarcini se realizează cu supapele de siguranță $S_5$ și $S_6$. Pentru atenuarea șocurilor care pot apărea în circuitul de comandă sînt montate pe conductele *5*, *8* și *9* drosele.

Cu folosirea unor ansamble și repere ale acestui mecanism se construiesc, de asemenea, mecanismele de deplasare G-405, G-406, G-407, G-408 și G-442.

Mecanismul G-405 se deosebește de G-404 prin existența regulatorului de viteză de avans SADU-2.

Mecanismul G-406 se construiește pentru combine cu tambur vertical tip MK-67.

Mecanismul G-407 este de tip fără lanț(SAFL). Mecanismul G-408 care se deosebește de G-404 prin existența unei frîne de fricțiune și a unei stele de acționare duble, are două lanțuri de tracțiune, ceea ce dă posibilitatea utilizării combinei în strate cu înclinare de pînă la 35°, fără troliu de siguranță. Deplasarea combinei se face pe două lanțuri calibrate paralele întinse în lungul abatajului . În cazul ruperii unui lanț, combina se decuplează automat : frîna de fricțiune blochează mecanismul de deplasare și combina este reținută împotriva alunecării sub acțiunea greutății proprii.

Mecanismul de avans de tip SAS,cu acționare electrică VSP-2, este realizat pentru combina cu organ forator BKT.

*Sistemul de tractare cu lanț* [3]

Marea majoritate a combinelor de abataj folosite în țara noastră utilizează drept element de tracțiune lanțul calibrat.

Pentru lucrul combinei de abataj, lanțul de tracțiune se întinde în lungul abatajului și capetele lui se fixează pe ramele capetelor de acționare ale transportorului de abataj. Steaua de acționare a mecanismului de avans se rostogolește pe lanțul de tracțiune întins, ca pe o cremalieră dințată, efectuînd deplasarea combinei. Stelele de conducere și de deviere se pot amplasa în planurile orizontal sau vertical, în funcție de execuția constructivă a mecanismului de deplasare.

La capetele lanțului de tracțiune se pot monta compensatoare ale lungimii lanțului (cu arc sau hidraulic) pentru întinderea ramurii goale și suporturi pivotante (carabine) pentru autocentrarea lanțului față de profilele de ghidare ale stelelor de acționare și de deviere.

Datorită importanței mari pe care o prezintă lanțurile calibrate din oțel rotund, folosite în industria minieră, acestea au căpătat o mare diversificare de tipodimensiuni și o creștere substanțială a caracteristicilor lor mecanice și de rezistență.

Acest lucru se explică prin perfecționarea tehnologiilor de închidere a zalelor, îmbunătățirea caracteristicilor mecanice ale lanțurilor prin găsirea celor mai adecvate forme de zale, precum și prin îmbunătățiri aduse oțelului din care se confecționează, atît în ce privește compoziția chimică, cît și tratamentele termice ulterioare.

Totodată, de o deosebită importanță este și metodologia de calcul de dimensionare și verificare la rezistență a acestora.

Solicitările care iau naștere în lanțul de tractare al combinelor au un caracter variabil aleator, în care limitele forțelor se situează sub valoarea de reglare a forței de tracțiune a mecanismelor de antrenare a combinelor.

Prin măsurarea forței de tractare și prelucrarea statistică a datelor înregistrate, se poate efectua un calcul de verificare la rezistență a lanțului.

Un asemenea calcul nu este totuși suficient, deoarece ia în considerare numai pericolul de rupere a lanțului prin oboseală, care apare după o perioadă de timp îndelungată de folosire.

În lucrarea [3], s-a avansat ideea că într-o lucrare minieră cu front lung, pe înclinare, forța elastică creată în ramura activă a lanțului de tracțiune a combinei la cursa descendentă de curățare a frontului, prin înțepenirea accidentală a tamburilor, poate deveni foarte periculoasă, putînd duce la situații de rupere prin șoc a acestuia, în ramura inactivă.

Acest fenomen se poate asemăna cu „efectul de praștie", care este cu atît mai periculos, cu cît valoarea forței elastice este mai mare, iar ramura inactivă a lanțului este de lungime mică și nu este suficient de bine întinsă (eventual formează și buclă).

Forța elastică nu poate depăși în valoare forța de tracțiune a mecanismului de antrenare al combinei sau forța de reglare din sistemele de întindere automată a lanțului decît în caz de avarie a acestora.

Coeficientul de impact caracteristic solicitărilor prin șoc, pe plan înclinat, are forma :

$$\psi = p + \sqrt{p^2 + \frac{K}{m}(K + 4p) + \frac{2\,l_{10} \cdot p}{\delta_{st}}},$$

unde :

$K = \frac{F}{G_c}$ este coeficientul de forță;

$p = \sin \alpha - \mu \cos \alpha$;

$\alpha$ — unghiul de înclinare a abatajului;

$\mu$ — coeficientul de frecare;

$m = \frac{L_{am}}{L_{av}}$ — coeficientul de lungime;

$L_{am}$, $L_{av}$ — lungimea de lanț din amonte, respectiv din aval;

$\delta_{st}$ — deformația elastică statică a ramurii de lanț din amonte;

$l_{10}$ — lungimea inițială a rezervei de lanț neîntins din ramura inactivă.

Privind mai îndeaproape relația coeficientului de impact $\psi$, observăm că (v. [3], pag. 64):

— pentru $p > 0$, valoarea coeficientului de impact este mare și aceasta este o consecință a creșterii vitezei de impact $v'$:

$$v' = \sqrt{v^2 + 2gpl_1},$$

unde:

$v$ este viteza de deplasare a combinei;

$g$ — accelerația gravitațională;

$l_1$ — lungimea rezervei de lanț neîntins din ramura inactivă (din amonte);

— pentru $p = 0$, relația lui $\psi$ se simplifică foarte mult, căpătînd aspectul, $\psi = \frac{K}{m}$.

Acest caz corespunde deplasării combinei pe plan în jos cu mișcare uniformă ($a_1 = 0$).

Coeficientul de impact depinde numai de mărimea sarcinii de șoc, prin $K$, și de poziția combinei pe lungimea abatajului, prin $m$.

De aici rezultă că situațiile cele mai periculoase în privința șocurilor provocate de „fenomenul de praștie" al ramurii de lanț din aval este mai periculos, pentru poziții ale combinei înspre galeria de cap.

— Pentru $-\frac{K}{2} < p < 0$, impactul este posibil, este slab, mișcarea combinei este uniform încetinită.

— Pentru $p < -\frac{K}{2}$, impactul nu mai este posibil, energia acumulată prin deformație elastică în ramura de lanț activă (din aval) nu este suficientă pentru a mișca combina.

Lungimea $l_{10}$ din relația lui $\psi$ există numai pentru pozări ale lanțului de tracțiune, fără sisteme de întindere a lanțului.

De exemplu, pentru schema de pozare pentru combinele Ravageuse și CA-2, nu vom avea rezervă de lanț neîntinsă în partea pasivă a lanțului, sistemele hidraulice de ancorare a lanțului întind permanent lanțul și deci pentru acestea $l_{10} = 0$.

Pentru scheme de pozare folosite la combinele 2K-52, KȘ-1KG și CA-1, la care lanțul de tractare se leagă direct la capetele transportorului de abataj, $l_{10}$ poate fi diferit de zero.

Din toate acestea rezultă, pentru sistemele de tractare cu lanț, cît de importante sînt operația de întindere inițială a lanțului, precum și legarea capetelor lui la suport prin intermediul unor sisteme de întindere compensatoare.

De asemenea, din cele prezentate mai sus, rezultă avantajele nete pe care le prezintă sistemele de avans fără lanț (SAFL), față de oricare alt sistem de avans folosit la deplasarea combinelor miniere, sistem care trebuie să stea permanent în atenția proiectanților și constructorilor.

**Bibliografie**


[1] Iliaș, N. ș.a. *Mașini miniere.* Litografia Institutului de Mine Petroșani, 1989.

[2] * * * *Manualul inginerului de mine,* vol. IV. Ed. Tehnică, București, 1988.

[3] Iliaș, N. ș.a. *Calculul de verificare a lanțurilor pentru combine de abataj la solicitarea de impact în condiții speciale.*


# Considerații asupra factorilor care influențează stabilitatea fronturilor de abataj din minele de lignit din bazinul Motru—Rovinari


Ing. **D. Fotă**
I.C.I.T.P.M.L. Craiova


Deformarea în timpul exploatării în subteran a cărbunelui din fronturile de abataj, prin fisurarea și desprinderea din masiv a unor mari blocuri, duce nu numai la întreruperea procesului tehnologic de extracție, dar poate periclita și siguranța personalului care lucrează în front. Acest fenomen, cunoscut de la începutul primelor exploatări de lignit, în care se utiliza susținerea cu stîlpi și grinzi, nu constituie o problemă. Introducerea susținerii mecanizate, în scopul creșterii producției și randamentelor de extracție, a necesitat însă studierea acestui fenomen, care provoacă dificultăți în avansarea abatajelor cu front lung.

Analiza fenomenului și stabilirea unor soluții care să diminueze din efectele acestor desprinderi și căderi de cărbune în fronturile de abataj au constituit preocuparea multor specialiști din industria noastră extractivă [2; 7; 8; 9; 10].

Principalii factori care influențează fragmentarea și desprinderea blocurilor de cărbune din fronturile de abataj sînt:

— adîncimea de exploatare;

— rezistența limitată la solicitări a lignitului;
— comportamentul reologic al acestuia;
— înălțimea frontului de abataj;
— prezența intercalațiilor argiloase în stratul de lignit;
— fisurația primară a stratului de lignit;
— amplasarea panourilor de exploatare și direcția de avansare a fronturilor de abataj în raport cu direcția și înclinarea principalelor sisteme de fisurație.

După cum se știe, în interiorul scoarței terestre, rocile și deci și stratele de lignit de care ne ocupăm sînt supuse atît acțiunii tensiunilor permanente de comprimare gravitațională pe care le exercită rocile acoperitoare, cît și tensiunilor care au rămas în masiv în urma presiunilor orientate de natură tectonică. Mărimea tensiunilor gravitaționale este direct proporțională cu grosimea pachetelor de roci acoperitoare ($\sigma = \gamma H$).

Energia mecanică transmisă stratelor de cărbune de aceste tensiuni este stocată și/sau disipată în masa lor în raport cu comportamentul ce le este specific, caracterizat printr-o modificare de volum și formă. Legătura dintre starea inițială și cea modificată se face prin intermediul deformațiilor specifice de volum, axiale și transversale.

Avînd în vedere locul pe care îl ocupă în scoarța terestră stratele de lignit, deformațiile reale ale acestora, sub influența tensiunilor la care au fost supuse în decursul evoluției lor geologice, sînt deformații de comprimare și încovoiere și, mai rar, de forfecare-întindere.

Oricare ar fi mărimea acestor deformații, o parte din acestea sînt reversibile, iar o parte remanente.

Caracterul reversibil al deformațiilor își are originea în acea parte din energia mecanică pe care roca o poate înmagazina în timpul solicitărilor. Cea mai mare parte din această energie este consumată de deformațiile remanente vîscoase, fiind transformată în lucru mecanic în momentul în care solicitările distrug legăturile de coeziune și de reazem dintre particulele solide componente, imprimînd deformațiilor un caracter ireversibil.

Latentă prin natura sa, energia înmagazinată devine activă atunci cînd starea de tensiune dispare și dă naștere procesului de decomprimare materializat în activitatea de exploatare a substanțelor minerale utile printr-o creștere de volum spre suprafețele libere ale masivului, relevată practic atît prin expandările ce se produc în fronturile de abataj sau în pereții lucrărilor miniere, cît și prin unele umflări ale vetrelor abatajelor și lucrărilor miniere orizontale sau prin dilatarea carotelor extrase din forajele adînci.

Realizarea unor excavații cu dimensiuni mari determină, în scoarța terestră, o redistribuire a tensiunilor gravitaționale cu concentrări ale acestora, cunoscute sub denumirea de presiuni de reazem.

La exploatarea stratelor de cărbune presiunea de reazem exercită o acțiune negativă nu numai prin deformațiile reversibile ale frontului, tavanului și vetrei, dar mai ales prin deformațiile remanente materializate prin fragmentarea, desprinderea și prăbușirea din front a unor bulgări și blocuri de cărbune. Cercetările efectuate în subteran și pe modele din materiale echivalente au stabilit că între presiunea de reazem și greutatea coloanei de roci acoperitoare există întotdeauna un raport denumit indice sau coeficient de concentrare $K_r = \frac{P_{reazem}}{\gamma H}$, cu o mărime cuprinsă, în cazul abatajelor, între 1,3 și 5,0 [1], distribuția acestui plus de presiune extinzîndu-se în spatele frontului de abataj, pe distanțe care variază de la cîțiva metri la zeci de metri.

Maximul presiunii de reazem se manifestă în părțile mediane ale abatajului cu concentrări și în zonele marginale adiacente (fig. 1).

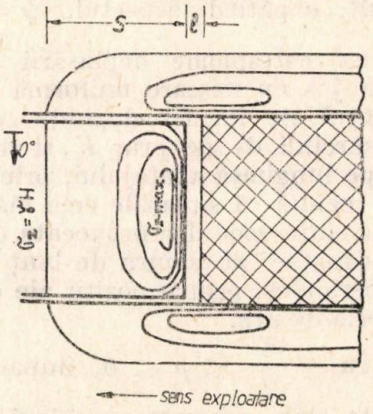


Fig. 1

Pe măsură ce crește deschiderea abatajului și deci și a tavanului, care rămîne un timp în consolă, se modifică și presiunea de reazem (fig. 2). S. G. Averșin a sesizat că partea din

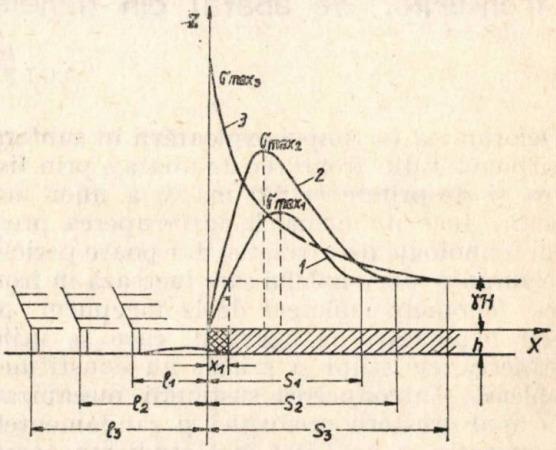


Fig. 2

strat supusă presiunii de reazem, în spatele frontului de abataj, se separă din punctul de vedere al deformațiilor în trei zone, și anume (fig. 2):

— zona 1 — cu tensiuni reduse ($x_1$), caracterizată prin deformații care duc la întreruperea continuității masivului ($P_{reazem} < \gamma H$);

— zona 2 — caracterizată prin prezența deformațiilor elastoplastice ($P_{reazem} > \gamma H$);

— zona 3 — în care rocile nu ies în afara deformațiilor inițiale, starea de tensionare fiind de tip triaxial ($\sigma = \gamma H$).

Dimensiunile acestor zone sînt variabile și depind de proprietățile fizico-mecanice ale cărbunelui din strat și ale rocilor înconjurătoare.

Zdrobirea zonei de margine a stratului (fig. 3) face ca maximul presiunii de reazem ($P_{reazem} = \sigma_{max.2}$) să se mărească și să se depărteze de front, fenomen care se localizează, de regulă,

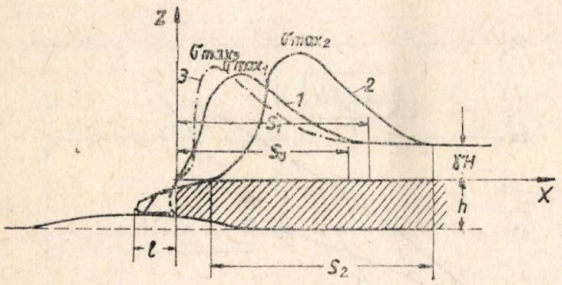



Fig. 3

cuprinse între 2 și 2,6 după măsurările noastre, valori care sînt în concordanță cu rezultatele cercetărilor anterioare [2].

Depărtarea de front a acestui maxim de presiune de reazem variază, în cazul lignitului din bazinul Motru—Rovinari, între 1,2 și 5,3 m, frecvența cea mai mare fiind situată în jurul a 2—3 m, menționînd că, în cazul lăsării în tavan a unui banc gros de cărbune, maximul presiunii de reazem se apropie de front, așa cum se arată în figura 2 prin curba *3*, dirijarea rocilor din tavan făcîndu-se la capătul unor console mai lungi. Astfel de situații sînt favorizate și de utilizarea unor echipamente de susținere de tip susținător sau susținător-îngrăditor.

Pentru ca presiunea care acționează pe strat să nu ducă la deformarea și fragmentarea frontului, ar trebui ca mărimea sa să nu depășească rezistența la compresiune $R_c$ a cărbunelui care-l alcătuiește. Raportul dintre acești doi parametri, denumit indice de încărcare a stratului cu tensiuni $K_s = \frac{P_{reazem}}{R_c}$, trebuie să fie în consecință subunitar, pentru ca stabilitatea frontului să fie asigurată, respectiv:

$$\frac{K_r \gamma H}{K_s} \leqslant R_c.$$

Rezistența lignitului fiind mai redusă decît a altor cărbuni, cunoașterea anticipată și în detaliu a comportamentului acestuia la solici-

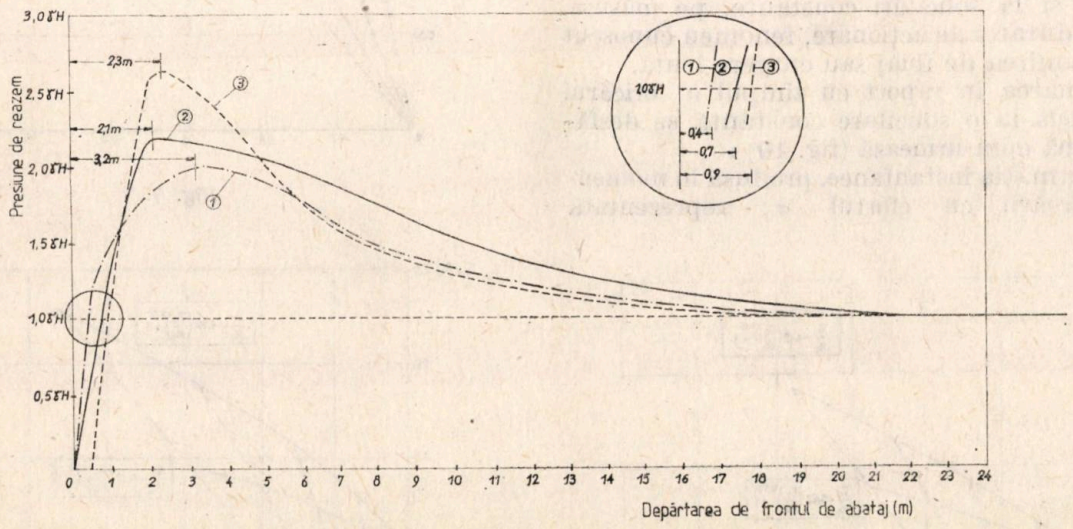



Fig. 4

numai în partea mediană a abatajelor și este dependent atît de dinamica agățării rocilor acoperitoare, cît și de proprietățile de deformabilitate ale stratului de cărbune.

În cazul lignitului din bazinul Motru—Rovinari, distribuția presiunii de reazem în spatele frontului de abataj se produce așa cum se arată în figura 4, indicele de concentrare avînd valori

tări face posibilă adoptarea — încă din faza de proiectare — a unor măsuri care să ducă la înlăturarea sau diminuarea efectelor negative ale desprinderilor blocurilor de cărbune din front.

Valorile medii ale principalilor parametri de rezistență ai lignitului din bazinul Motru—Rovi-

nari la solicitări monoaxiale sînt prezentate în tabelul 1.

Comportamentul aceluiași cărbune în interiorul stratului, unde condițiile de tensionare sînt multiaxiale, este prezentat în diagramele

*Tabelul 1*

| Stratul de cărbune | $R_c$, kgf/cm² | $R_t$, kgf/cm² | $R_t$, kgf/cm² | $R_f$, kgf/cm² | $E$, kgf/cm² |
|---|---|---|---|---|---|
| V | 69 | 11,1 | 3,1 | 15 | 3 690 |
| VI | 55 | 11,4 | 2,4 | 12 | 3 320 |
| VII | 59 | 11,5 | 2,7 | 14 | 3 750 |
| X | 46 | 10,2 | 3,7 | 12 | 3 580 |
| XII | 34 | 9,4 | 3,2 | 11 | 3 340 |

din figurile 5—9, în care curba inferioară este caracteristică pentru viteza de solicitare de 300 kgf/cm² și minut, iar curba superioară pentru fluaj îndelungat, între ele fiind cuprins domeniul de tensiuni la care cărbunele cedează, în funcție de viteza de solicitare și mărimea raportului $K_0 = \frac{\sigma_3}{\sigma_1}$, $R_c$ avînd semnificația și valorile din tabelul 1.

La roci și substanțe minerale solide, ca de altfel la toate solidele, mărimea deformațiilor neelastice este direct influențată de factorul timp. În procesul de solicitare-deformare a rocilor, deformația acestora continuă să se dezvolte și la solicitări constante, pe măsura creșterii duratei de acționare, fenomen cunoscut sub denumirea de fluaj sau curgere lentă.

Deformarea în raport cu timpul a oricărui solid supus la o solicitare constantă se desfășoară după cum urmează (fig. 10):

• deformația instantanee, produsă în momentul încărcării cu efortul $\sigma_0$ reprezentată

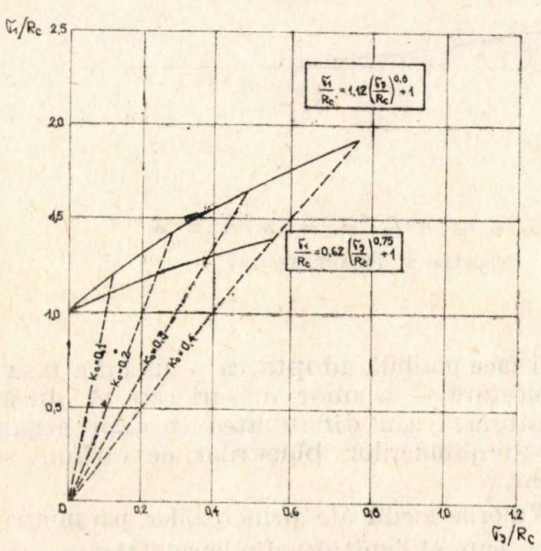



Fig. 5

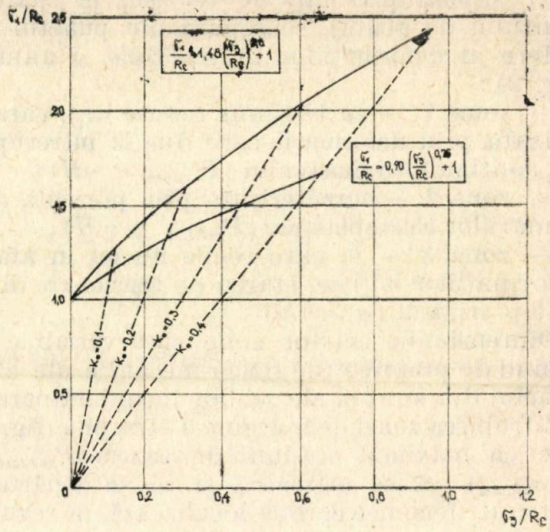



Fig. 6

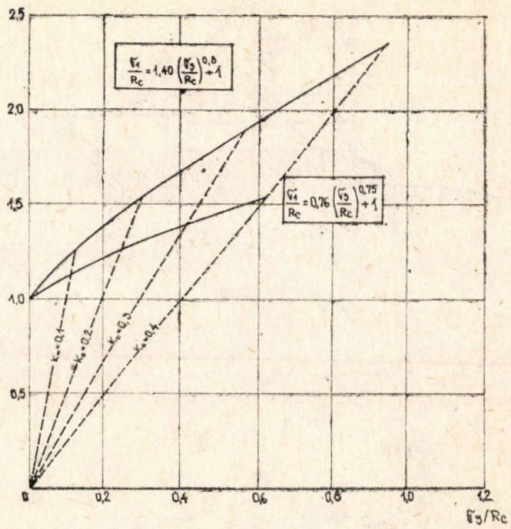



Fig. 7

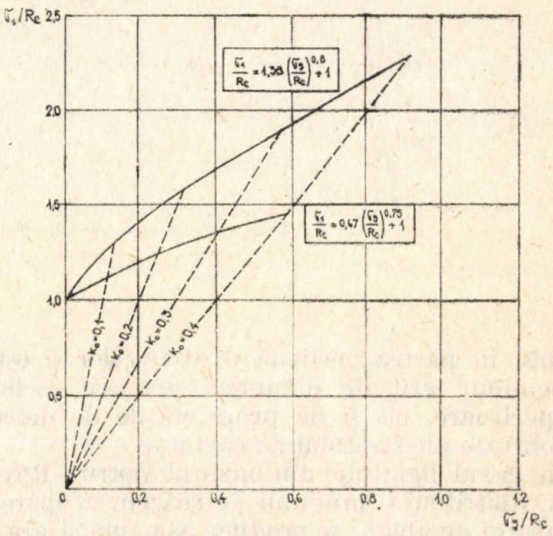



Fig. 8

prin segmentul $O-A$, compusă dintr-o parte elastică, deci reversibilă, și din una remanentă de natură vîsco-elastică ; mărimea acestei deformații este direct proporțională cu mărimea solicitării care o produce ;

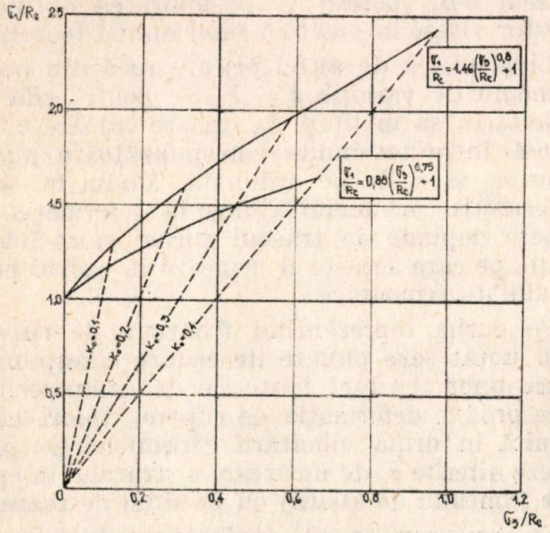



Fig. 9

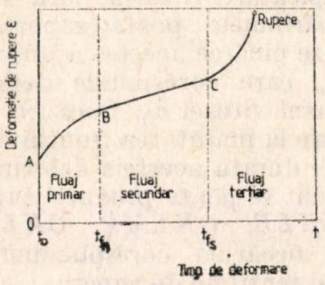



Fig. 10

• zona 1 de fluaj primar, caracterizată printr-o viteză mare de deformare la începutul intervalului și din ce în ce mai redusă spre sfîrșitul acestuia, denumită și zonă de fluaj nestabilizat ;

• zona 2 de fluaj secundar sau zona de fluaj stabilizat, în care deformarea se produce cu o viteză medie constantă ;

• zona 3 de fluaj terțiar, corespunzătoare zonei de creștere rapidă a vitezei de deformare, pînă la rupere.

Timpul care se scurge, din momentul aplicării efortului și pînă la stabilizarea deformației, are o mărime care variază de la rocă la rocă, în funcție de valoarea efortului constant aplicat, și se numește timp de stabilizare.

Întrucît în cadrul uneia și aceleiași roci, manifestarea fenomenului de fluaj este determinată de mărimea solicitării, diferențierea acesteia se face atît prin familia de curbe efort-deformație din domeniul de variație în timp a funcției $\varepsilon = F(\sigma)$, cît și prin intermediul unui indice-grad de solicitare. Definit ca raport între valoarea tensiunii efective care produce fluajul $\sigma_{ef}$ și valoarea efortului unitar, care produce ruperea $\sigma_r$, gradul de solicitare joacă un rol deosebit în comportamentul reologic al rocilor. Mărimea acestui raport poate varia de la $\Delta = 0$ pentru $\sigma_{ef} = 0$ pînă la $\Delta = 1$ pentru $\sigma_{ef} = \sigma_r$.

Reprezentarea grafică a funcției $\Delta = F(\varepsilon)$ pune în evidență un număr de trei regimuri distincte de comportament al rocilor la solicitări de durată (fig. 11), separate după cum urmează.

**1.** Regimul de stabilitate absolută, caracterizat printr-o viteză de deformare nulă și o deformație care rămîne constantă atîta timp cît $\Delta = \text{const}$. Rocile pot rezista solicitărilor la care sînt supuse, de-a lungul unei perioade de timp practic nelimitate $\Delta_{ef} < \Delta_{sa}$.

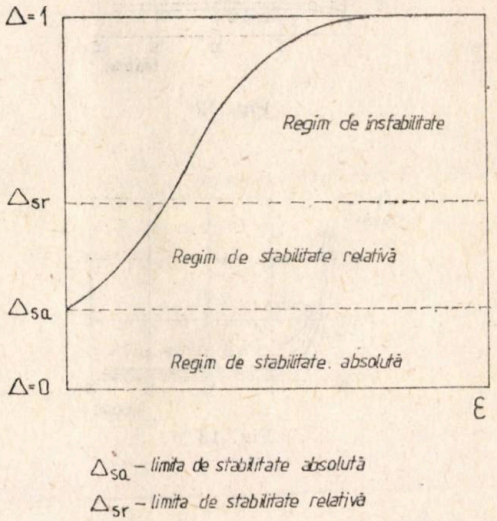



Fig. 11

**2.** Regimul de stabilitate relativă caracterizat printr-o deformație care crește permanent spre deformația de rupere cu o viteză de deformare relativ constantă ($\Delta_{sa} < \Delta_{ef} < \Delta_{sr}$).

În cadrul acestui regim de solicitare rocile pot rezista numai o perioadă finită de timp.

**3.** Regimul de instabilitate reprezintă ultimul stadiu de deformare în care deformația crește într-un timp scurt, pînă la deformația de rupere ($\Delta_{ef} > \Delta_{sr}$).

Curbele de variație în timp a deformațiilor unor epruvete de lignit colectate din stratul V, obținute pentru diferite grade de solicitare, sînt prezentate în figura 12, iar cele care reprezintă variația vitezei de deformare în funcție de timp, pentru aceleași grade de solicitare, în figura 13.

Fiecare rocă și ca atare și fiecare strat de cărbune își are domeniul său propriu de variație a stărilor de tensiune-deformare, mărginit de trei frontiere ce au următoarele semnificații (fig. 14):

• curba $C_m$ de răspuns instantaneu a lignitului, adică limita maximă a stării de efort-

deformație, ce se obține prin cea mai rapidă încărcare cu eforturi, pleacă din originea axelor și este tangentă sau se suprapune pe o porțiune cu dreapta lui Hooke ($\sigma = \varepsilon E$);

- curba $C_s$ de stabilizare a fluajului, reprezentînd limita minimă a stării de efort-deformație ce poate fi atinsă prin aplicarea unor tensiuni cu valori reduse;
- curba $C_r$ sau frontiera de rupere este o curbă medie a valorilor $\sigma = F(\varepsilon$ și $\dot{\sigma})$, determinate experimental.

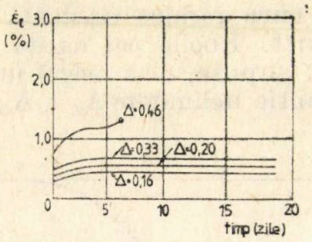



Fig. 12

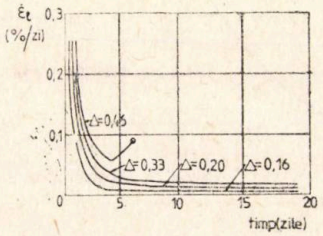



Fig. 13

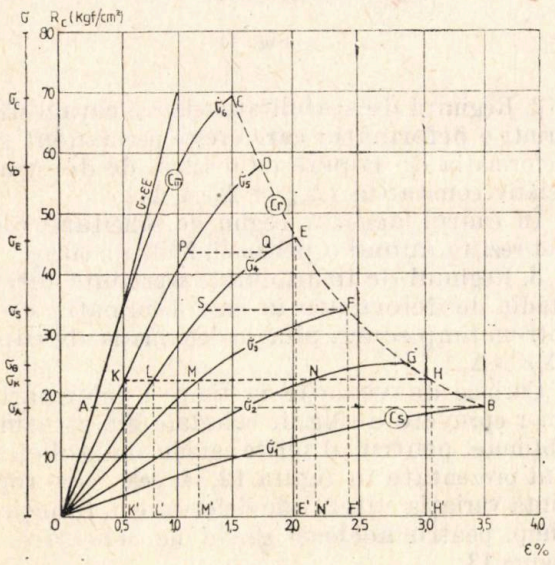



Fig. 14

Pentru a înțelege mai bine ce se întîmplă în front cu cărbunele din strat, cu ajutorul reprezentărilor din figura 14 vom încerca să subliniem influența factorului timp în procesul de exploatare.

Suprafața cuprinsă între punctele $OCB$ reprezintă domeniul de variație a stărilor de efort-deformație, iar perimetrul $OAB$ cuprinde zona de stabilitate absolută.

La o viteză mare de solicitare, curba $\varepsilon = F(\sigma)$ urmărește traseul $OC$, iar la o viteză foarte mică traseul $OB$, ipoteza și posibilitatea obținerii acestor viteze în practică fiind numai teoretice.

Lignitul, ca de altfel oricare rocă din acest domeniu de variație $\varepsilon = F(\sigma)$, poate ceda la solicitarea sa în timp, la oricare valoare $\sigma$ cuprinsă între tensiunile corespunzătoare punctelor $\sigma_A$ și $\sigma_C$ de pe ordonată. Modul în care deformația cărbunelui ajunge la deformația de rupere depinde de traseul curbei efort-deformație pe care aceasta îl urmează în cadrul procesului de exploatare.

Pe curba reprezentînd frontiera de rupere s-au notat șase puncte de cedare corespunzătoare unor tensiuni ipotetice de compresiune, care produc deformația de rupere, valori care rezultă în urma solicitării cărbunelui cu șase viteze diferite $\dot{\sigma}_i$ de încărcare a stratului în spatele frontului de abataj cu presiuni de reazem.

Să presupunem că exploatarea începe cu viteza $\sigma_5$ corespunzătoare curbei $OKPD$. Realizînd o exploatare ritmică, fără stagnări ale frontului, cărbunele poate suporta solicitări fără să cedeze pînă ce acestea ajung la valoarea tensiunii $\sigma_D$, care corespunde deformației de rupere în cazul vitezei $\dot{\sigma}_5$. Dacă pe parcurs are loc o stagnare la înaintarea frontului de abataj, în funcție de durata acesteia deformația cărbunelui din front se poate produce după unul din traseele: $OKLE$, $OKLMF$, $OKLMNG$ sau $OKLMNH$, fiecăruia corespunzîndu-i o altă deformație și tensiune de rupere.

Să presupunem, în continuare, că stagnarea abatajului nu depășește cu mult momentul în care deformația cărbunelui din front ajunge la valoarea $\varepsilon_K$. Fiind supus solicitării unei tensiuni constante $\sigma_K$, deformația cărbunelui crește pînă la valoarea $\varepsilon_L$, moment care corespunde cu reluarea exploatării, datorită căreia deformația urmează traseul $LS$ pînă se produce o nouă întrerupere a înaintării frontului, stagnare cu o durată care, de data aceasta, depășește posibilitățile de rezistență ale cărbunelui. În această situație cărbunele se deformează sub acțiunea sarcinii constante $\sigma_S$ pînă ajunge la deformația de rupere $\varepsilon_F$.

Astfel constatăm că lignitul, despre care se știa că cedează la o tensiune $\sigma_D$, a ajuns în urma unui astfel de regim de solicitare la deformația de rupere corespunzătoare unei tensiuni mult mai mici $\sigma_S$.

În același domeniu de variație a funcției $\varepsilon = F(\sigma)$ se pot produce o infinitate de situații, cu mențiunea că în perimetrul situat sub linia $AB$, cărbunele poate rezista solicitărilor un timp practic nelimitat.

Observațiile și măsurările experimentale de laborator, efectuate pe epruvete confecționate din probe de lignit colectate din bazinul Motru — Rovinari [4], corelate cu rezultatele obținute în teren, conduc la concluzia că pentru toate cele cinci strate care fac obiectul exploatării în acest bazin, limita de stabilitate absolută are o valoare medie $\Delta_{sa} = 0{,}33$, în timp ce limita de stabilitate relativă corespunde unui grad de solicitare mediu $\Delta_{sr} = 0{,}47$.

Tensiunile efective corespunzătoare celor două limite de stabilitate, precum și cele la care dilatanța apare prin fluaj, sînt prezentate în tabelul 2.

*Tabelul 2*

| Stratul de cărbune | $\Delta_{sr}$, kgf/cm² | $\Delta_{sa}$, kgf/cm² | $\Delta_{dilatanță}$, kgf/cm² |
|---|---|---|---|
| V | 32 | 23 | 21 |
| VI | 26 | 18 | 17 |
| VII | 28 | 20 | 18 |
| X | 22 | 15 | 14 |
| XII | 16 | 11 | 10 |

Înainte de a prezenta semnificația practică a acestor tensiuni, vom face în cele ce urmează cîteva scurte considerații asupra fenomenului de dilatanță.

Deformarea în volum a rocilor și deci și a cărbunelui se produce în mod diferit de deformarea altor solide.

Fiind un mediu dispers, alcătuit din toate cele trei faze de stare, deformarea în volum a cărbunelui $\left(\varepsilon_v = -\frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_l + 2\varepsilon_t\right)$ este, la începutul solicitării, o compactare care se exprimă neliniar pe diagrama efort-deformație, datorită reducerii volumului porilor și închiderii microfisurilor. Urmează o porțiune liniară care arată că deformarea în volum este aproximativ elastică, cu o pantă apropiată de modulul de compresibilitate liniară. Ultima parte a curbei corespunde unei creșteri în volum prin micro și macrofisurare, cu deplasări în sens contrar ale suprafețelor în contact, care delimitează fisurile nou formate (fig. 15). Această creștere ireversibilă de volum poartă numele de dilatanță și precede ruperea.

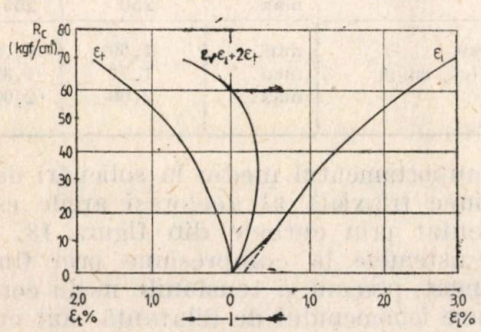



Fig. 15

În frontul de abataj, presiunea de reazem, acționînd pe verticala stratului, comprimă cărbunele pe această direcție și face ca spre fața liberă a abatajului să se producă creșteri în volum datorate dilatanței (vezi fig. 3).

Luînd în considerare greutatea volumetrică medie a pachetului de roci acoperitoare și valorile minime și maxime ale indicelui de concentrare a presiunii de reazem, caracteristic bazinului Motru—Rovinari, transformarea tensiunilor din tabelul 2 în adîncimi de exploatare dă valorile, în metri, prezentate în tabelul 3.

Semnificația acestor valori este aceea că, din punctul de vedere al presiunii de reazem, regimul de instabilitate a cărbunelui în fronturile de abataj începe la adîncimi mai mari decît cele corespunzătoare limitei de stabilitate relativă, în timp ce la valori mai mici decît

*Tabelul 3*

| Adîncimea limită de stabilitate, m | Stratul de lignit | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | X | XII |
| — relativă | 70—90 | 55—75 | 60—80 | 50—60 | 35—40 |
| — absolută | 50—65 | 40—50 | 40—55 | 30—45 | 20—30 |

limita de stabilitate absolută, presiune de reazem nu provoacă deformații cărbunelui din strat.

În cazul stratelor de cărbune aflate în exploatare la adîncimi mai mari decît cele care marchează limita de stabilitate relativă, o stagnare a frontului de abataj ce depășește 3—4 zile în stratele V, VI și X, de 6—8 zile în stratul VII și în jur de 2 zile la stratul XII, conduce la cedarea cărbunelui și intrarea în avarie a abatajului.

Propagarea dilatanțelor în masiv, deci în spatele frontului de cărbune, se produce mai rapid la începutul stagnării și mai lent după aceea, așa cum se vede și în graficul din figura 16, calculat de Medveș (1988), prin utilizarea modelului matematic elaborat de prof. N. Cristescu. Întrucît modelul presupune constante condițiile care determină starea de tensiune, datele din grafic au semnificația „posibil" și pun în evidență modul în care se produce microfisurarea unui cărbune cu $R_c = 60$ kgf/cm², $R_t = 13$ kgf/cm² și $E = 3\,365$ kgf/cm².

Interacțiunea dintre presiunea de reazem și caracteristicile de rezistență ale lignitului, atunci cînd indicele de încărcare a stratului $K_s > 1$ are, ca primă manifestare negativă asupra stabilității, apariția fenomenului de dilatanță, adică fisurarea preliminară a cărbunelui la cîțiva metri depărtare de front.

Pe măsură ce frontul se aproprie de o astfel de zonă, componenta orizontală a tensiunilor $\sigma_3$ și tensiunile tangențiale $\tau$ tind să împingă

cărbunele din stratul fisurat spre spațiul liber din fața frontului, deplasare care este frînată de frecarea de rocile din tavan și vatră. Ce se întîmplă însă pe înălțimea frontului vom

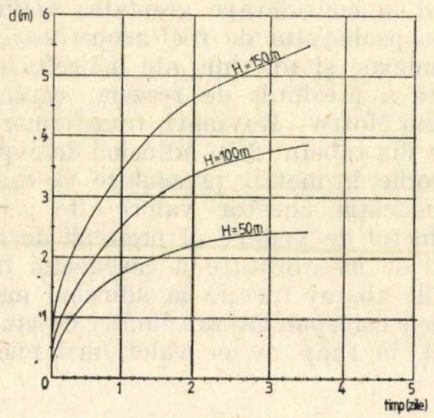



Fig. 16

încerca să arătăm prin intermediul diagramei din figura 17, obținută prin cercetări de tensometrie efectuate pe modele din materiale optic active. Determinările s-au făcut pentru adîncimi de 100 m și înălțimi de abataj de 3,5 m.

Aplicînd o presiune de reazem egală cu 2,1 $\gamma H$, al cărei maxim s-a apropiat treptat de front, s-au determinat valorile tensiunilor de comprimare și întindere care apar la jumătatea înălțimii.

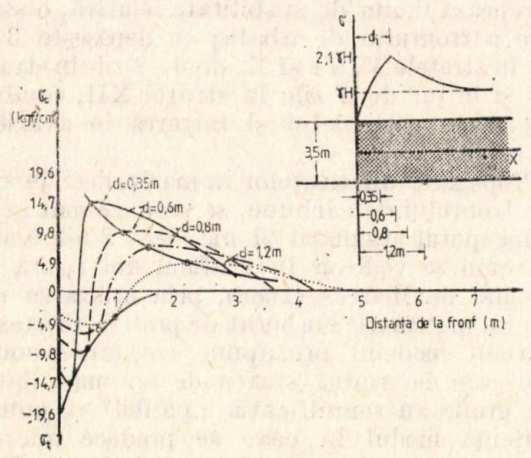



Fig. 17

Tendința de evoluție a maximelor acestor tensiuni este aceea de creștere, pe măsură ce maxima presiunii de reazem se apropie de front.

În cazul absenței intercalațiilor argiloase, tensiunile periculoase apar la jumătatea înălțimii de front și sînt tensiuni de tracțiune. În cazul analizat, cărbunele cedează cînd maximumul presiunii de reazem se apropie sub 1 m de front. Cum însă influențele diferiților factori se întrepătrund, la adîncimi mai mari decît limita de stabilitate relativă, lignitul din bazinul Motru—Rovinari poate ceda în frontul de abataj, chiar numai din cauza apropierii de acesta a maximumului presiunii de reazem, fără să mai fie nevoie de influența unei stagnări a procesului de extracție și deci să intervină și fluajul.

Așa după cum s-a arătat, prezența în frontul de abataj a unor intercalații alcătuite din roci moi, de regulă argiloase, mărește anizotropia stratului de cărbune, reducînd rezistența acestuia.

Pe direcția de acționare a presiunii de reazem, deci pe verticală, stratul care cuprinde în masa sa intercalații argiloase este de fapt o alternanță de cărbune și roci, constituit din bancuri izotrope care, în limitele lor, au densități și module de elasticitate cu valori relativ constante.

Cum intercalațiile au, în comparație cu cărbunele, rezistențe mult mai reduse la solicitări de compresiune, sub influența presiunii de reazem și prin modificarea regimului de solicitare, atunci cînd sînt interceptate de frontul de abataj se tasează și se deformează la tensiuni care, prin valoarea lor, reprezintă pentru cărbune regimul de stabilitate absolută.

Principalele proprietăți de rezistență ale rocilor care alcătuiesc aceste intercalații din masa stratelor de cărbune din bazinul Motru — Rovinari sînt prezentate în tabelul 4.

*Tabelul 4*

| Roca | Valoarea | Argilă grasă | Argilă | Argilă prăfoasă |
|---|---|---|---|---|
| Indice consistență | limită | 0,75—1,28 | > 1,0 | 1,0 |
| Rezistența la compresiune, kgf/cm² | min. | 7 | 9 | 8 |
| | med. | 11 | 12 | 10 |
| | max. | 15 | 16 | 12 |
| Rezistența la tracțiune, kgf/cm² | min. | 2,5 | 2,5 | 1,9 |
| | med. | 3,5 | 3,3 | 2,1 |
| | max. | 4,5 | 3,7 | 2,4 |
| Rezistența la încovoiere, kgf/cm² | min. | 2,8 | 2,4 | 2,3 |
| | med. | 3,3 | 3,4 | 2,9 |
| | max. | 3,8 | 3,6 | 3,2 |
| Modulul de compresibilitate, kgf/cm² | min. | 200 | 200 | 200 |
| | med. | 233 | 235 | 238 |
| | max. | 250 | 255 | 263 |
| Tasarea specifică, cm/m | min. | 1,60 | 1,70 | 1,90 |
| | med. | 1,76 | 1,85 | 1,93 |
| | max. | 2,00 | 2,00 | 2,00 |

Comportamentul mediu la solicitări de compresiune triaxială al acelorași argile este reprezentat prin curbele din figura 18.

Rezistențele la compresiune prin fluaj îndelungat, precum și tensiunile medii corespunzătoare fenomenului de dilatanță sînt cuprinse în tabelul 5.

Cercetarea prin intermediul mijloacelor pe care le pune la dispoziție fotoelasticitatea, a modului în care se distribuie în stratul de cărbune tensiunile induse în acesta de către

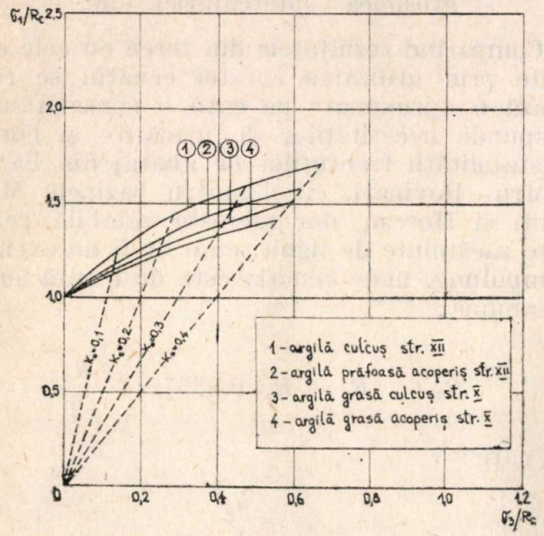



Fig. 18

*Tabelul 5*

| Denumirea rocii | $R_c$ fluaj, kgf/cm². | $\sigma_{dilatanță}$, kgf/cm² |
|---|---|---|
| Argilă grasă | 6,0 | 3,0—4,0 |
| Argilă | 8,0 | 3,0—4,5 |
| Argilă prăfoasă | 7,0 | 3,5—4,5 |

presiunea de reazem, a arătat că pe intercalație se produce o concentrare de tensiuni de compresiune și întindere (fig. 19), cu mărimi care cresc pe măsura apropierii de front a presiunii maxime de reazem. Comparînd aceste tensiuni cu rezistențele rocilor din intercalații (tab. 4), se constată că intercalația cedează încă pe cînd presiunea de reazem se află la 2 m de front.

Pentru a se putea face o apreciere cantitativă a acestei influențe asupra rezistenței totale a frontului de cărbune s-a notat cu $Q_c$ procentul de cărbune din strat și cu $(100 - Q_c)$ cel al intercalațiilor. Grosimea bancurilor de cărbune $\Sigma h_c$ și a intercalațiilor $\Sigma h_a$ dă înălțimea frontului de abataj care, în acest caz, este o sumă $h = \Sigma h_c + \Sigma h_a$.

Extrapolînd concluziile cercetărilor de laborator efectuate de A. G. Tarhov [6] pe epruvete alcătuite din alternanțe de roci, deformația posibilă a frontului de abataj se poate aprecia cu relația :

$$h = \frac{h_P}{100}\left(\frac{Q_c}{E_c} + \frac{100 - Q_c}{E_a}\right) \qquad (1)$$

sau :

$$h = \frac{\Sigma h_c \cdot P}{E_c} + \frac{\Sigma h_c \cdot P}{E_a}, \qquad (1')$$

în care :

$P$ este presiunea care acționează pe stratul de cărbune, tf/m²;

$E_c$ și $E_a$ — modulele de elasticitate ale cărbunelui, respectiv intercalației, tf/m².

Modulul de elasticitate al aceluiași strat, care cuprinde deci în masa sa și intercalații argiloase, se poate calcula cu relația :

$$E_1 = \frac{100\, E_c \cdot E_a}{Q_c \cdot E_a + (100 - Q_c)E_c}. \qquad (2)$$

Pentru a înțelege cît de mare este influența acestor intercalații argiloase asupra caracteristicilor de deformabilitate ale stratului de cărbune, în tabelul 6 prezentăm valorile (în kgf/cm²) ale modulelor de elasticitate, calculate cu ajutorul relației de mai sus, pentru trei strate care au în masa lor intercalații în proporție de 0—30 % din grosime.

*Tabelul 6*

| $E_a$, kgf/cm² | $100 - Q_c$, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 |
| 230 | 3 800 | 2 140 | 1 489 | 1 142 | 926 | 672 |
| 230 | 2 600 | 2 078 | 1 460 | 1 126 | 916 | 667 |
| 230 | 3 300 | 1 979 | 1 414 | 1 099 | 899 | 659 |

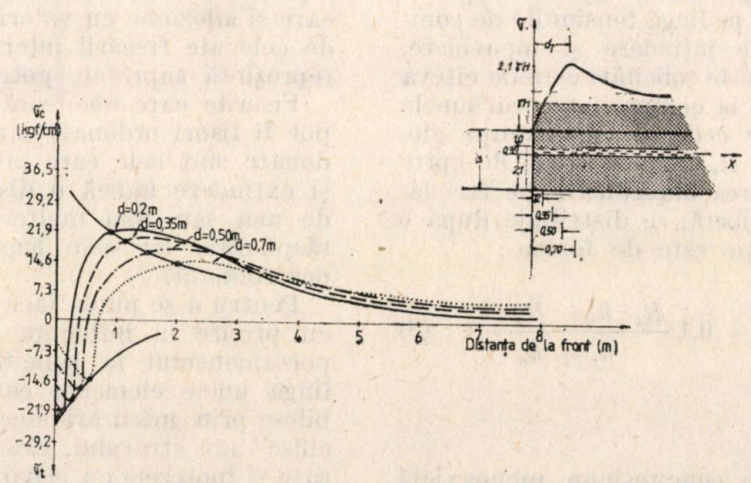



Fig. 19

Urmărind modul în care se produce deformarea pe verticală a unui strat de cărbune separat în două bancuri de o intercalaţie argiloasă, se constată că stabilitatea frontului de abataj este, printre altele, direct influenţată şi de mărimea raportului dintre grosimea intercalaţiei şi grosimea bancului superior de cărbune ($h_a : h_c$).

Deformaţiile totale ale intercalaţiei bancului de cărbune situat deasupra acesteia, calculate cu relaţia (1), sînt prezentate pentru diferite adîncimi de exploatare prin curbele graficului din figura 20. În toate cazurile, deformaţia argilei din intercalaţie reprezintă 61% din total,

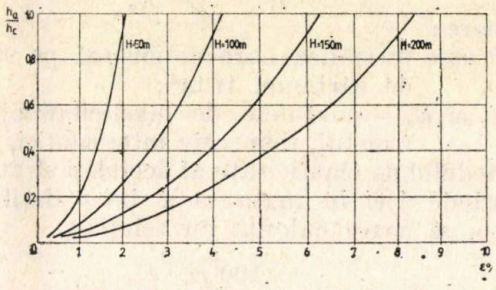



Fig. 20

atunci cînd grosimea este egală cu 10% din grosimea bancului de cărbune situat deasupra, şi 94%, atunci cînd grosimea intercalaţiei este egală cu cea a bancului acoperitor de cărbune.

Cercetările noastre de laborator, efectuate pe epruvete paralelipipedice confecţionate din lignit cu intercalaţii argiloase, supuse la solicitări monoaxiale, triaxiale şi monoaxiale cu deformaţia laterală împiedicată pe trei laturi, au arătat, de asemenea, că ponderea cea mai mare în deformaţia epruvetei o deţine tasarea argilei din intercalaţii.

Atunci cînd deformaţia laterală nu este împiedicată, argila din intercalaţie este refulată spre exterior, ceea ce, în cazul existenţei numai a unei singure feţe libere (cum ar fi fronturile de abataj), face ca în bancul superior de cărbune să apară, pe lîngă tensiunile de comprimare, tensiuni de întindere şi încovoiere. Cum rezistenţa la aceste solicitări este de cîteva ori mai redusă decît la compresiune, cărbunele din bancul superior cedează. Rezistenţa globală la compresiune $R_{gc}$ a unor astfel de epruvete, avînd deformarea împiedicată pe trei laturi şi deci o faţă liberă, se distribuie după o curbă a cărei ecuaţie este de forma:

$$R_{gc} = \frac{R_c}{18\,\frac{h_a}{h_c} + 1} + 0{,}1\,\frac{R_c \cdot h_c + R_a \cdot h_a}{h_c + h_a}, \quad (3)$$

în care:

$R_c$ este rezistenţa la compresiune monoaxială a cărbunelui, kgf/cm²;

$R_a$ — rezistenţa la compresiune monoaxială a rocii din intercalaţii, kgf/cm²;

$h_c$ — grosimea bancului superior de cărbune, cm;

$h_a$ — grosimea intercalaţiei, cm.

Comparînd rezultatele din teren cu cele obţinute prin utilizarea acestei ecuaţii, se realizează o aproximare pe care o considerăm că răspunde necesităţilor de urmărire şi control al stabilităţii fronturilor de abataj din bazinul Motru—Rovinari, cît şi pentru bazinele Mehedinţi şi Horezu, dar nu este valabilă pentru alte zăcăminte de lignit, cum ar fi de exemplu Cîmpulung, unde ecuaţia este de o altă formă, şi anume:

$$R_{gc} = (R_c - R_a)\ 0{,}0337x + \frac{R_a}{2}, \quad (4)$$

în care:

$$x = \frac{h_a}{h_c}.$$

Din corelarea acestor rezultate cu cele referitoare la comportamentul reologic al cărbunelui şi argilelor rezultă că, în absenţa unor sisteme principale de fisuraţie cu înclinarea concordantă cu frontul de abataj, o intercalaţie, indiferent de grosime, în cazul unui abataj în care exploatarea se face cu o viteză minimă de 1 m/zi, este mai periculoasă cu cît se află mai aproape de tavan. Orice stagnare a frontului modifică prin fluaj parametrii de cedare ai frontului de abataj şi ceea ce poate fi considerat nepericulos în mod normal se poate transforma oricînd în contrariu.

Influenţa fisuraţiei stratului de cărbune asupra stabilităţii frontului de abataj se manifestă prin două căi, şi anume:

— prin reducerea rezistenţei globale a masivului de cărbune;

— prin introducerea în front a unor suprafeţe de discontinuitate caracterizate prin frecare şi adeziune cu valori mult mai reduse faţă de cele ale frecării interne şi ale coeziuniii şi reprezintă suprafeţe potenţiale de cedare.

Fisurile care afectează un strat de cărbune pot fi fisuri ordonate sau haotice. Fisurile ordonate sînt cele care prin orientare, înclinare şi extindere indică o distribuţie regulată faţă de una sau mai multe direcţii principale de răspîndire, iar cele haotice au o distribuţie dezordonată.

Pentru a se putea face evaluări sau prognoze cu privire la influenţa fisurilor asupra comportamentului la solicitări a cărbunelui, pe lîngă unele elemente cantitative care se stabilesc prin măsurări efectuate în zonele „deschise" ale stratului, este necesar să fie analizate şi ipotezele cu privire la natura şi originea fisurilor pentru ca, prin analogie, datele obţi-

nute în partea accesibilă a zăcămîntului să poată fi extrapolate.

Principalele elemente cantitative care trebuie urmărite în cazul fisurilor sînt :

— numărul sistemelor de fisurație care afectează stratul, adică numărul șirurilor de fisuri cu aceleași elemente de poziție și geneză comună ;

— densitatea sau frecvența fisurilor din fiecare sistem de fisurație, adică numărul de fisuri pe metru.

Intensitatea de fisurație a stratelor este determinată de densitatea fisurilor din principalele trei sisteme de fisurație, care le împarte în blocuri structurale :

— poziția în masiv a sistemelor de fisurație ;

— elementele de poziție ale acestora ;

— gradul lor de rugozitate.

Întrucît legăturile și caracteristicile de rezistență ale cărbunelui pe fisuri sînt cu mult mai reduse față de valorile acelorași parametri în bloc, comportarea la solicitări a frontului de abataj este direct influențată de caracteristicile suprafețelor de discontinuitate care-l afectează.

Întrucît coeziunea și coeficientul de frecare internă sînt caracteristicile cantitative care explică rezistența rocilor și ca atare și a cărbunilor, principalul criteriu de trecere de la rezistența stabilită pe probe, la rezistența masivului, îl constituie coeficientul de slăbire structurală, definit prin raportul dintre coeziunea $c_m$ a masivului și coeziunea $c_p$ a volumului elementar reprezentat prin proba utilizată la determinarea caracteristicilor de rezistență, și anume :

$$\lambda = \frac{c_m}{c_p}, \text{ de unde : } c_m = c_p\lambda. \qquad (5)$$

Pentru că suprafețele de contact ale fisurilor au o anumită rugozitate, coeziunea de aderență $c' \neq 0$ și atunci :

$$c_m = c_p\lambda + c'(1 - \lambda). \qquad (6)$$

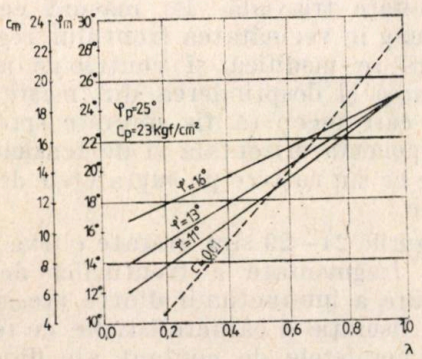



Fig. 21

În cazul masivelor de roci nefisurate, mărimea coeficientului de frecare interioară este egală cu valoarea acestuia determinată de probe, adică $\operatorname{tg} \varphi_m = \operatorname{tg} \varphi'$.

În masivele afectate de fisuri, valoarea medie a unghiului de frecare internă va fi întotdeauna mai mică decît valoarea stabilită pe epruvete, și anume :

$$\operatorname{tg} \varphi_m = \operatorname{tg} \varphi_p\lambda + (1 - \lambda) \operatorname{tg} \varphi'. \qquad (7)$$

Din determinările de laborator efectuate pentru stabilirea caracteristicilor de rezistență pe suprafețele de discontinuitate netede, la alunecarea lignitului pe diferite roci au rezultat valorile medii cuprinse în tabelul 7.

*Tabelul 7*

| Rocă / Rocă | Lignit | Argilă grasă | Argilă cărbunoasă | Argilă | Argilă prăfoasă | Nisip argilos | Nisip prăfos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lignit $\varphi'$ | 13° | 5° | 4° | 12° | 15° | 20° | 20° |
| $c$ | 0,01 | 0,06 | 0,09 | 0,1 | 0,08 | 0,05 | 0,03 |

Calculele efectuate cu ajutorul relațiilor (6) și (7) arată că variația coeficientului de frecare pe suprafețele fisurilor influențează mărimea coeficientului de frecare internă al cărbunelui în masiv, (fig.20), în timp ce influența adeziunii suprafețelor în contact ar putea fi vizibilă pe același grafic numai dacă valoarea acesteia s-ar mări de 20 de ori.

Referitor la posibilitatea existenței unei coeziuni care să aibă o astfel de mărime pe suprafețele de discontinuitate, ținem să arătăm că examinarea acestora la o scară mică (suprafețe de ordinul centimerilor) ne poate indica existența unor suprafețe rugoase, netede sau lucioase ; la scara următoare ar trebui să cuprindă un perimetru de ordinul metrilor, discontinuitățile pot arăta în trepte, ondulate sau plane. Din combinația celor două scări de observație rezultă nouă combinații din care, în cazul stratelor de lignit, pot apărea elementele din tabelul 8.

*Tabelul 8*

| Profilul suprafeței | λ pentru coeziune masiv |
|---|---|
| Rugoase în trepte | 0,8—0,9 |
| Rugoase ondulate | 0,6—0,8 |
| Rugoase plane | 0,4—0,6 |
| Netede ondulate | 0,20—0,45 |
| Netede plane | 0,01—0,25 |
| Lucioase ondulate | 0,01—0,05 |
| Lucioase plane | 0,00—0,02 |

După cum ușor se poate observa, mărimea rezistenței la forfecare și deci și a coeziunii pe suprafețele de discontinuitate din masa stratelor de lignit descrește în această ordine.

După datele citate în lucrarea [5], în cazul stratelor afectate de o rețea de microfisuri, $\lambda$ variază de la 0,6 la 0,9. În cazul suprafețelor de contact între două formațiuni, $\lambda \leqslant \leqslant 0{,}05-0{,}25$, în timp ce pe suprafețele de separație nete, $\lambda = 0{,}01-0{,}2$, condiții în care se înscriu de fapt valorile din tabelul 8.

Trebuie să precizăm, de asemenea, că atunci cînd unghiul de înclinare a fisurilor cu extindere mare este mai mare decît unghiul de frecare de pe suprafețele lor de contact, cedarea se produce după una din aceste discontinuități ($\alpha > \beta > \varphi'$) și atunci, în cazurile de dimensionare, se iau în considerare valorile caracteristicilor de rezistență ale suprafețelor de discontinuitate.

Pentru cazurile în care căderea fisurilor este concordantă cu frontul de abataj, dar este înclinată sub unghi $\beta < \varphi'$, rezistența stratului de cărbune variază așa după cum arată curba *1* din graficul prezentat în figura 22. Căderea fisurilor spre profunzimea stratului influențează, de asemenea, rezistența generală a acestuia. Cînd unghiul $(-\beta) = \varphi'$, influența se desfășoară după curba *2* din figura 22, în timp ce pentru $(-\beta) \geqslant \varphi'$, după curba *3*. Abscisa graficului reprezintă mărimea raportului tg $\beta$/tg $\varphi'$, pentru cazurile în care $\beta \leqslant \varphi'$, cît și diferența sin $\beta$ — cos $\beta$ tg $\cdot \varphi'$ pentru $\beta > \varphi'$.

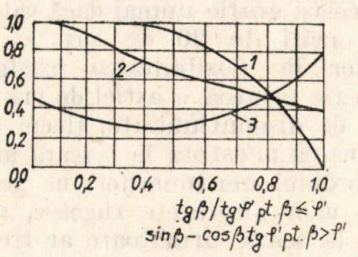



Fig. 22

Asupra rezistenței frontului de cărbune influențează, într-o anumită măsură, și fisurile care înclină spre abataj, chiar dacă au o extindere limitată. Această influență variază însă în funcție de procentul de fisuri concordante cu frontul de abataj din numărul total de fisuri care străbat stratul de cărbune (fig. 23).

Coeficientul total de reducere structurală a rezistenței este egal cu produsul dintre cei doi $\lambda$, determinați cu ajutorul graficelor din figurile 22 și 23, adică în cazul unui strat de 2,5 m afectat de mai multe sisteme principale de fisuri, dintre care unul este concordant cu frontul de abataj și are o înclinare de 10°, coeficientul $\lambda = 0{,}76$. La o înclinare mai mică, de exemplu de 5°, $\lambda = 0{,}95$.

Din numărul total de fisuri, cele care înclină spre abataj reprezintă un procent de 4%, căruia îi corespunde $\lambda = 0{,}7$. Produsul celor doi coeficienți este egal cu 0,532 și respectiv 0,665, ceea

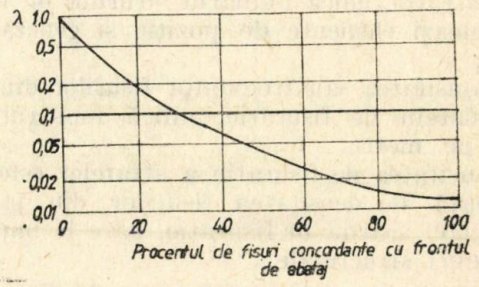



Fig. 23

ce înseamnă o rezistență la compresiune a frontului la cărbune în stratul V: $R_{cm} = 45{,}8$ kgf/cm², în stratul VI, $R_{cm} = 36{,}6$ kgf/cm², în stratul VII, $R_{cm} = 39{,}2$ kgf/cm², în stratul X, $R_{cm} = 30{,}6$ kgf/cm² și în stratul XII, $R_{cm} = 20{,}6$ kgf/cm².

Ținînd seama că suprafețele de contact ale fisurilor nu sînt perfect netede și, din cauza rugozităților, coeficientul de frecare este cu cel puțin 50% mai mare, atunci primul $\lambda = 0{,}92$ și produsul dintre acesta și cel de-al doilea $\lambda$ este egal cu 0,87. În această situație stratul V va avea $R_{cm} = 60{,}3$ kgf/cm², stratul VI, $R_{cm} = 48{,}0$ kgf/cm², stratul VII, $R_{cm} = 51{,}6$ kgf/cm², stratul X, $R_{cm} = 40{,}2$ kgf/cm² și stratul XII, $R_{cm} = 29{,}7$ kgf/cm².

Dar influența cea mai deranjantă asupra activității de producție din abataj are loc atunci cînd două sau trei sisteme de fisuri cu extindere mare se intersectează în frontul de abataj cu care sînt concordante și, împreună cu suprafața care reprezintă contactul cu rocile din acoperiș sau din intercalații, delimitează prisme de cărbune care pot fi împinse spre abataj de către componenta orizontală a presiunii de reazem.

Fragmentarea stratului de lignit în blocuri structurale de dimensiuni mai mici sau mai mari începe sub acțiunea presiunii de reazem încă în zonele în care stratul se găsește în regim de solicitare triaxială. Pe măsură ce aceste zone ajung în vecinătatea frontului, regimul de solicitare se modifică și contribuie astfel la delimitarea și desprinderea din masiv a unor blocuri care încep să fie împinse spre abataj de componenta orizontală și de tensiunile tangențiale ce iau naștere pe suprafețele de discontinuitate.

În figurile 24—29 sînt arătate cîteva posibilități de fragmentare a fronturilor de abataj ca urmare a interacțiunii dintre presiunea de reazem, fisurație și caracteristicile de rezistență de pe suprafețele de contact ale discontinuității. Deplasarea spre spațiul abatajului a blocu-

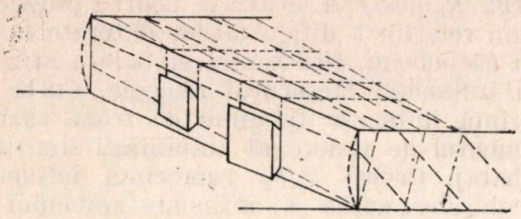


Fig. 24

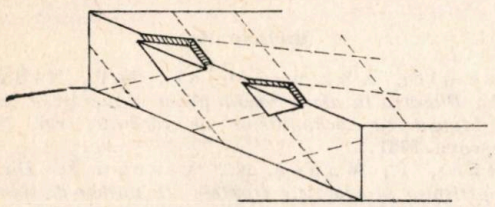


Fig. 25

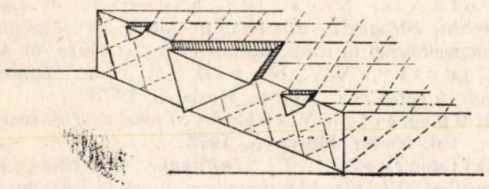


Fig. 26

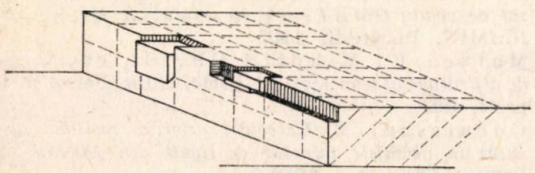


Fig. 27

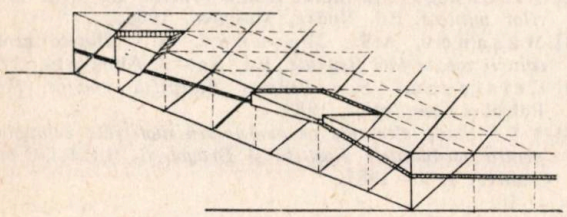


Fig. 28

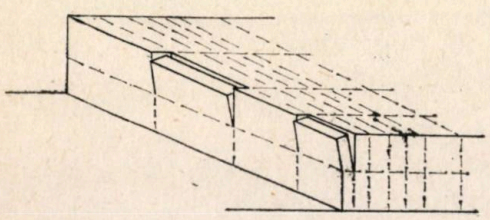


Fig. 29

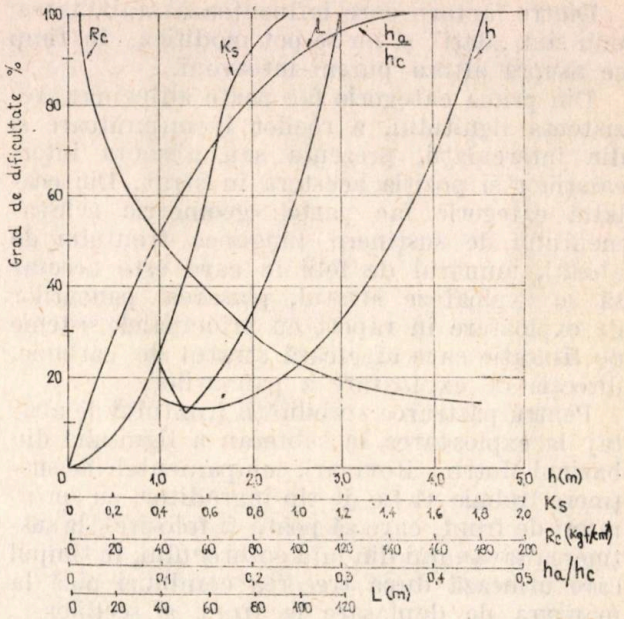



Fig. 30

rilor de cărbune astfel delimitate se poate produce brusc sau gradat. Primul caz este caracteristic expandărilor cu grosime relativ mică din zona de mijloc a abatajului sau la $h/2$ din front, cît și desprinderilor sub formă de blocuri legate de strat, prin coeziunea de pe suprafețele de delimitare alcătuite din sisteme de fisuri, din care unul este concordant cu frontul de abataj și are o înclinare mare; în toate aceste cazuri $K_s > 1{,}0$.

Al doilea mod de producere a desprinderilor poate fi o alunecare lentă (curgere) spre abataj sau o avansare în trepte, pe măsură ce rugozitatea de pe suprafețele de separare se distruge treptat, iar frecarea este insuficient de mare pentru a menține blocul în front.

## Concluzii

Spre deosebire de alte tipuri de cărbuni, lignitul este caracterizat prin rezistențe reduse la solicitări, iar în bazinul Motru—Rovinari, rezistența medie la compresiune monoaxială este de numai 69 kgf/cm² în cazul stratului V, descrescînd pînă la jumătate (34 kgf/cm²), în cazul stratului XII.

De la o astfel de rezistență redusă, la care se adaugă comportamentul reologic al lignitului, pornesc toate dificultățile legate de stabilitatea sa în fronturile de abataj.

Pentru stabilirea în limitele grosimii stratului a înălțimii abatajului, a lățimii panourilor de exploatare și deci a lungimii fronturilor de abataj, cît și pentru alegerea unui echipament corespunzător de susținere, proiectantul și factorii de decizie au nevoie de o serie de elemente practice care să le faciliteze hotărîrile.

Dintre factorii care influenţează stabilitatea, unii sînt „daţi" şi nu se pot modifica, în timp ce asupra altora putem interveni.

Din prima categorie fac parte adîncimea, rezistenţa lignitului, a rocilor înconjurătoare şi din intercalaţii, prezenţa sau absenţa intercalaţiilor şi poziţia acestora în strat. Din cealaltă categorie fac parte: geometria echipamentului de susţinere, lungimea frontului de abataj, numărul de felii în care este necesar să se exploateze stratul, plasarea panourilor de exploatare în raport cu principalele sisteme de fisuraţie care afectează stratul de cărbune, direcţia de exploatare a panourilor.

Pentru păstrarea stabilităţii frontului de abataj la exploatarea în subteran a lignitului din bazinul Motru—Rovinari, echipamentele de susţinere trebuie să fie de tip îngrăditor, cu sprijinitori de front, care să poată fi folosite şi la susţinerea tavanului din faţa cozorocului, în timpul care urmează după trecerea combinei pînă la manevra de deplasare la front a secţiilor.

La adîncimi mai mari decît limita de stabilitate relativă, viteza de avansare a frontului poate fi mărită şi prin scurtarea lungimii frontului de abataj, avantajele economice reale fiind mai mari prin utilizarea acestei căi care împiedică punerea în valoare a calităţilor reologice ale lignitului.

Înălţimea abatajului trebuie să fie atît cît îi permite rezistenţa globală a stratului şi nu cît este grosimea stratului. De aceea, la strate groase trebuie să se opteze pentru exploatarea în mai multe felii.

Plasarea panourilor de exploatare într-un strat de lignit trebuie să fie astfel făcută, încît să se evite, pe cît posibil, ca fronturile de abataj să fie paralele cu sistemele de fisuri ale căror înclinări sînt spre abataj.

Pentru prognoza dificultăţilor la care trebuie să ne aşteptăm în timpul exploatării, în figura 30 prezentăm curbele de variaţie procentuală a gradului de dificultate pentru principalii factori de influenţă asupra stabilităţii fronturilor de abataj, dificultăţile maxime pe care le poate determina unul sau altul din factori fiind notate cu 100%.

Curba $R_c$ poate fi utilizată pentru prognoza mărimii relative a dificultăţilor datorate rezistenţei cărbunelui, rezistenţei globale a stratului şi influenţei factorului reologic. Curba $L$ reprezintă influenţa lungimii de front văzută din punctul de vedere al stabilităţii frontului de abataj. Curba $h_a/h_c$ reprezintă influenţa intercalaţiilor, curba $K_s$ influenţa adîncimii de exploatare în raport cu rezistenţa stratului şi curba $h$ influenţa înălţimii de exploatare asupra stabilităţii frontului de abataj.

**Bibliografie**


[1] Kuzmici, A.S., Kaliujnîi, N.T., Vidulin, A.E. *Plasarea în afara zăcămintelor a lucrărilor miniere la exploatarea zăcămintelor de cărbune.* Ed. Nedra, Moscova, 1981.

[2] Tökeş, T., Manea, N., Vescan, D. *Dirijarea acoperişului în abatajele frontale din minele de lignit din R.S. România.* Conferinţa naţională de tehnică minieră, Bucureşti, 28—30 noiembrie 1968.

[3] Băncilă, I., Fotă, D. *Masive de roci şi structuri.* Cap. II din *Geologie inginerească.* Vol. II, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1981.

[4] Fotă, D., Nica, B., Nicolae, M. *Comportamentul cărbunelui din bazinul Motru la solicitări statice momentane şi în timp.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 10, 1988.

[5] Rjevski, V.V., Novik, G. Ia. *Osnovi fiziki gornih porod.* Ed. Nedra, Moscova, 1973.

[6] Rupeneit, K.V. *Deformarea masivelor de roci stîncoase.* Ed. Nedra, Moscova, 1975.

[7] Dijmărescu, I. *Influenţa factorilor geologico-minieri şi tehnico-organizatorici în stabilirea parametrilor de exploatare pentru bazinul Motru.* Teză de doctorat, Institutul de Mine Petroşani, 1972.

[8] Şandru, L. ş.a. *Experimentarea complexului mecanizat de abataj OMKT—IV în stratul X Horăşti.* Anuar ICEMIN, Bucureşti, 1965.

[9] Matacă, E., Mihăiţă Gh., Buică, V. *Gradul de dificultate al tehnologiei de abataj.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 4, 1983.

[10] Coculescu, M. *Cercetări privind regimul de presiune în abatajele minelor de lignit din Oltenia.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 6, 1982.

[11] * * * *Studiul manifestării presiunii miniere la exploatarea stratelor din bazinul Oltenia pe modele de materiale echivalente.* Studiu ICEMIN, 1967.

[12] Fisenko, G. L. *Starea limită a rocilor din jurul lucrărilor miniere.* Ed. Nedra, Moscova, 1976.

[13] Maşanov, A.S., Maşanov, A.A. *Bazele geomecanicii rocilor tari fisurate.* Ed. Nauka, Alma Ata, 1985.

[14] Cristescu, N. *Asupra fluajului rocilor.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 3, 1982.

[15] * * * *Studii efectuate pe modele din materiale echivalente pentru zăcămintele Roşiuţa şi Drăgoteşti.* I.C.I.T.P.M.L. Craiova, 1983—1987.

# Aportul dilatării mediilor solid şi lichid la recuperarea ţiţeiului în procesele termice de exploatare a acestuia

Ing. V. Comşa, I.C.P.P.G. Cîmpina
ing. **Mehaysen Ahmed Mehasneh,** doctorand iranian

## I. Introducere

Recuperarea mărită a ţiţeiurilor grele şi vîscoase, exploatate prin metode termice, se datorează efectelor pozitive ale fenomenelor fizico-chimice care au loc în cadrul acestor procese.

Micşorarea viscozităţii ţiţeiului, o dată cu creşterea provocată a temperaturii stratului productiv, este considerată fenomenul fizic de bază într-un proces termic de exploatare a ţiţeiului, al cărui efect pozitiv determină, în mare măsură, valoarea factorului de recuperare.

Aprofundarea cercetărilor teoretice şi de laborator, diversificarea proceselor termice aplicate, în mod special combustia subterană, au condus însă pe cercetători la concluzia firească, conform căreia procesele termice se caracterizează printr-o mare complexitate ce presupune existenţa şi manifestarea concomitentă a multor fenomene fizico-chimice, o bună parte dintre acestea nefiind încă pe deplin elucidate.

Nu toate fenomenele fizico-chimice specifice proceselor termice s-au bucurat de un interes egal din partea specialiştilor. Unul din fenomenele al cărui efect este considerat ca avînd un rol marginal în recuperarea ţiţeiului îl constituie dilatarea mediilor solid şi fluid într-un proces termic.

Cîteva lucrări, considerate fundamentale în domeniul exploatării ţiţeiului prin metode termice, au abordat problema dilatării mediilor solid şi fluid, fără a da un răspuns explicit la întrebarea : cît de mult sau cît de puţin influenţează dilatarea mediilor solid şi fluid valoarea factorului de recuperare a ţiţeiului într-un proces termic?

Astfel, Burger şi alţii [1] ajung la concluzia că fenomenul dilatării termice influenţează dezlocuirea ţiţeiului într-o măsură diferită, funcţie de densitatea acestuia, ţiţeiurile mai uşoare beneficiind de o expansiune termică mai accentuată, în comparaţie cu ţiţeiurile grele şi vîscoase. Dilatarea mediului solid este considerată ca fiind practic neglijabilă. Ei au prezentat schematic (fig. 1) contribuţia diferitelor mecanisme la dezlocuirea ţiţeiului într-un proces de injecţie de apă caldă, în comparaţie cu injecţia de apă neîncălzită. Curbele au fost trasate pe bază estimativă, influenţa dilatării termice asupra eficienţei dezlocuirii stabilindu-se pentru creşteri ale temperaturii stratului productiv de 50°C.

Aceiaşi autori prezintă un set de curbe (fig. 2) privind influenţa dilatării termice asupra factorului de recuperare, funcţie de densitatea şi saturaţia reziduală în ţiţei pentru un caz particular al unui proces de injecţie de apă caldă la care creşterea de temperatură este $\Delta t = 50°C$, iar saturaţia iniţială în ţiţei $S_{oi} = 0{,}8$. Se constată că în cazul ţiţeiurilor vîscoase, în condiţiile arătate, factorul de recuperare creşte considerabil la creşteri relativ

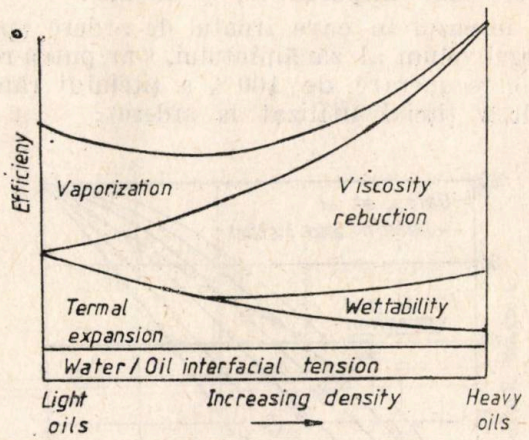



Fig. 1. Schema contribuţiei diferitelor mecanisme de dezlocuire la recuperarea ţiţeiului într-un proces de injecţie de apă caldă.

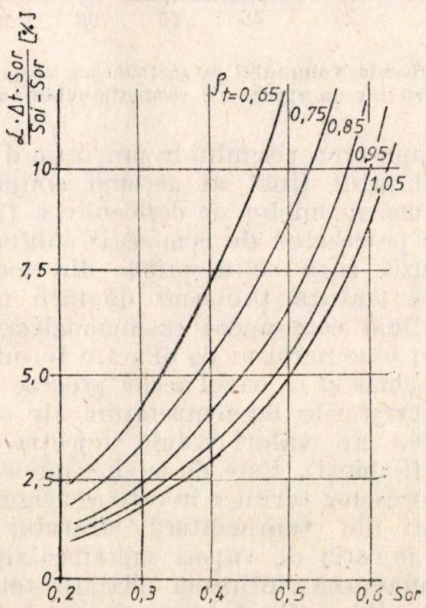



Fig. 2. Influenţa expansiunii termice a ţiţeiului asupra recuperării ţiţeiului într-un proces de injecţie de apă caldă.

modeste ale temperaturii stratului ($\Delta t = 50°C$). Autorii lucrării [1] nu au extins însă cercetările asupra acelor procese capabile să realizeze creşteri mai mari ale temperaturii stratului productiv (50—500°C).

Michael Prats [2], plecînd de la cercetările efectuate de Nelson şi Mc Niel [3] şi de Gates et al. [4] prezintă (fig. 3) o dependenţă între factorul de recuperare a ţiţeiului şi volumul de zăcămînt ars într-un proces de combustie subterană, pentru diferite valori ale saturaţiei iniţiale de gaze.

Curbele prezentate scot în evidenţă două aspecte mai importante, şi anume:

• în cazul în care frontul de ardere spală întregul volum al zăcămîntului, s-ar putea realiza o recuperare de 100% a ţiţeiului rămas (exclusiv ţiţeiul utilizat la ardere);

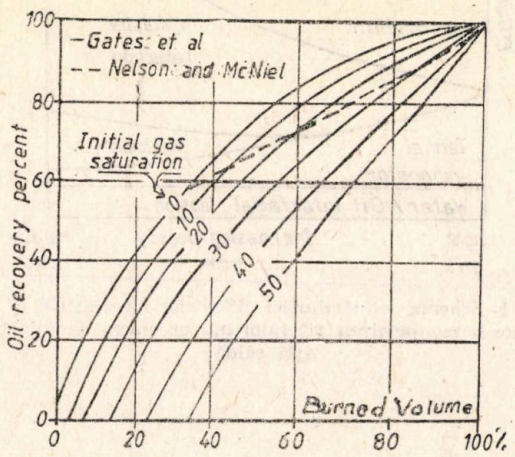



Fig. 3. Influenţa volumului de zăcămînt ars asupra recuperării ţiţeiului într-un proces de combustie subterană.

• recuperarea ţiţeiului în proporţie de 100% este rezultatul final al acţiunii conjugate a tuturor mecanismelor de dezlocuire a ţiţeiului, specifice proceselor de combustie subterană.

Concluzia care se desprinde din modul în care este tratată problema dilatării mediilor solid şi fluid este aceea că minimalizarea importanţei fenomenului de dilatare termică este riscantă chiar şi în cazul acelor procese termice în care creşterile de temperatură ale stratelor productive au valori reduse (injecţia de apă şi gaze fierbinţi). Este de la sine înţeles că în cazul proceselor termice în care se asigură creşteri mari ale temperaturii stratului (peste 100°C injecţia de vapori supraîncălziţi, combustia subterană), influenţa dilatării termice a mediilor solid şi fluid asupra factorului de recuperare este notabilă şi o subevaluare a acesteia ar fi o eroare majoră. Autorii acestui articol încearcă, în cele ce urmează, să demonstreze, pe baza unor cercetări proprii, importanţa influenţei dilatării termice a mediilor solid şi fluid asupra factorului de recuperare a ţiţeiului într-un proces termic de exploatare a acestuia.

## II. Mecanismul dezlocuirii ţiţeiului ca urmare a dilatării mediilor solid şi fluid într-un proces termic

Considerînd un element unitar de volum al unui zăcămînt de ţiţei de tip granular slab sau mediu consolidat (fig. 4) sau de tip granular compact şi fisurat (fig. 5) supus unei creşteri de temperatură $\Delta t$:

$$\Delta t = t - t_{zăc} \tag{1}$$

se constată o dilatare atît a mediului solid, cît şi a lichidelor care saturează mediul poros permeabil. Dacă fenomenul are loc în condiţii izocore, respectiv elementul de volum este delimitat, imaginar, de pereţi rigizi şi perfect etanşi, atunci presiunea lichidului, practic incompresibil, aflat în spaţiul poros-permeabil al elementului de volum, va creşte la valori considerabile. Dacă se creează posibilitatea unei comunicări hidraulice libere între interiorul şi exteriorul elementului de volum, atunci, sub efectul dilatării termice, se va constata o expulzare a unei părţi din lichidele care saturează elementul unitar de volum.

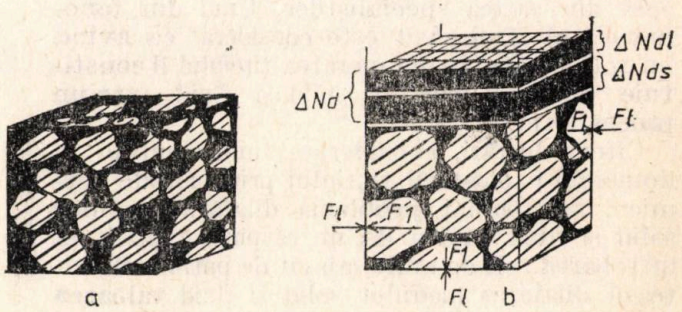



Fig. 4. Expansiunea termică a ţiţeiului într-un volum unitar al unui colector de tip granular neconsolidat: *a* — înainte de încălzire; *b* — după încălzire.

Cantitatea de lichid $\Delta N_d$ expulzat în spaţiul de deasupra elementului de volum este funcţie de amploarea fenomenului dilatării şi de rezistenţele hidraulice pe care fluidele expulzate trebuie să le învingă în timpul curgerii prin mediul poros-permeabil.

Prin urmare, cantitatea de lichid $\Delta N_d$ este constituită din două părţi, şi anume una $\Delta N_{d_s}$ — — generată de efectul dilatării mediului solid şi cea de-a doua, $\Delta N_{d_l}$ — determinată de efectul dilatării mediului lichid.

Modul în care are loc fenomenul dilatării mediului lichid este evident din punct de vedere fizic şi nu se va insista asupra lui. Este însă interesant de cercetat mecanismul prin care

dilatarea mediului solid conduce la expulzarea lichidelor conținute în spațiul poros-permeabil.

Scheletul solid al rocii supus unei creșteri provocate de temperatură $\Delta t$ se dilată și exercită asupra pereților (imaginari) considerați rigizi ai elementului de volum o forță de apăsare $F_1$, orientată în toate direcțiile, căreia i se opune o forță de apăsare litostatică $F_l$, orientată, de asemenea, în toate direcțiile. Valoarea forței $F_l$ este permanent superioară forței $F_1$, pentru cazul zăcămintelor de țiței aflate sub o anumită adîncime (circa 100 m).

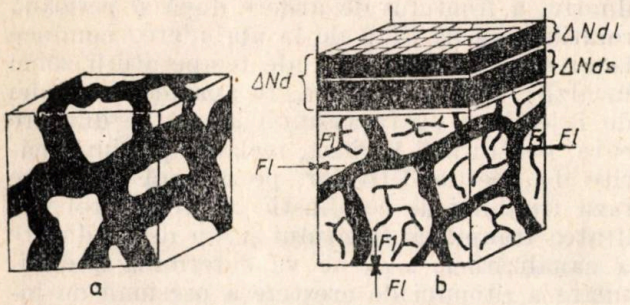



Fig. 5. Expansiunea termică a țițeiului într-un volum unitar al unui colector de tip compact fisurat: *a* — înainte de încălzire; *b* — după încălzire.

Prin urmare, într-un proces termic este valabilă inegalitatea :

$$F_l > F_1 .$$

În aceste condiții, creșterea de volum a mediului solid, produsă ca urmare a dilatării termice a acestuia, va avea loc pe seama reducerii, în aceeași proporție, a volumului spațiului poros. Consecința imediată a acestui fenomen va fi expulzarea unei părți din lichidele care saturează spațiul poros-permeabil, a cărei valoare va fi egală cu valoarea creșterii de volum a mediului solid $\Delta N_{d_s}$.

Reducerea dimensiunilor porilor comunicanți este un fenomen cu efect negativ asupra curgerii lichidelor prin zăcămînt, compensat într-o măsură mai mare sau mai mică de efectul pozitiv al reducerii viscozității țițeiului încălzit.

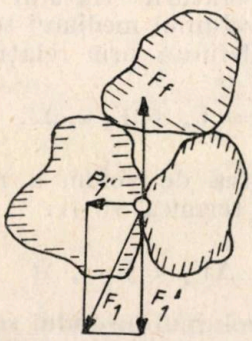



Fig. 6. Forțele care acționează în sistem în cazul apariției fenomenului de tasare.

În cazul zăcămintelor granulare neconsolidate sau slab consolidate, componenta $F_1'$ a forței de apăsare $F_1$, care acționează în planul de alunecare dintre două granule, poate avea valori mai mari decît forța de frecare intergranulară $F_f$, determinînd apariția unor fenomene de rearanjare (tasarea) granulelor de nisip (fig. 6).

Caracteristic pentru colectoarele în care apare inegalitatea $F_1' > F_f$, este faptul că fenomenul tasării poate avea un caracter permanent, efectul păstrîndu-se și după răcirea stratului.

În cazul zăcămintelor granulare bine consolidate, compacte, cum ar fi gresiile, fenomenele se petrec diferit, deosebirea constînd în faptul că, de această dată, nu mai avem de-a face cu un proces de tasare, creșterea temperaturii generînd un proces de microfisurare a matricei rocii-colector sau o extindere a acestora, în cazul în care microfisurile existau anterior aplicării procesului termic.

Generarea de microfisuri în matricea rocii trebuie pusă pe seama neuniformității din punctul de vedere al compoziției mineralogice a acesteia, mineralele dilatîndu-se diferit ca urmare a valorilor diferite ale coeficienților de dilatare termică. Evident, aceste fenomene pot avea efecte pozitive asupra curgerii fluidelor prin mediul poros-permeabil, ca urmare a creșterii, uneori spectaculoase, a valorilor permeabilității rocii.

Așa cum s-a arătat anterior, prin creșterea temperaturii unui element unitar de volum închis și etanș, al unui zăcămînt de țiței exploatat prin metode termice se generează o creștere extrem de mare a presiunii lichidelor, puțin compresibile, care saturează mediul poros-permeabil. Condițiile reale întîlnite în zăcămintele de țiței fac însă ca porii saturați cu lichide să comunice — în mare parte — între ei, astfel încît lichidele se pot mișca, relativ ușor, prin această rețea de pori comunicanți.

Prin urmare, în condițiile unui proces termic real creșterea valorii presiunii în zona în care are loc dilatarea termică a mediilor solid și lichid se va produce numai pînă la valori capabile să învingă rezistențele de curgere, deci pînă cînd lichidele încep să se miște. Această creștere a presiunii în zona încălzită a stratului productiv a fost denumită suprapresiune locală de dilatare.

Valoarea acestei suprapresiuni locale este funcție atît de intensitatea fenomenului de dilatare, cît și de rezistențele hidraulice întîmpinate de fluide la curgerea lor către zone de strat avînd valori mai mici ale presiunii.

Suprapresiunea locală de dilatare este efectul transformării unei părți a energiei termice generată „in situ" în energie potențială, putînd fi considerată, din acest motiv, ca un aport

energetic suplimentar în sistem, cu efecte pozitive asupra recuperării țițeiului.

În figura 7, se prezintă profilul distribuției presiunilor pe direcția sondă de injecție — sondă de reacție, coroborat cu profilul de temperatură într-un proces de combustie subterană uscată.

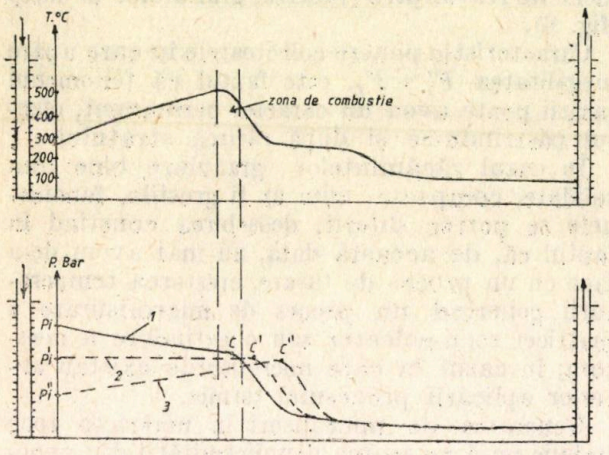



Fig. 7. Profilul distribuției temperaturii și a presiunii pe aliniamentul sondă de injecție — sondă de reacție.

Se poate constata că volumul de zăcământ cuprins între sonda de injecție și frontul de ardere este caracterizat prin valori ridicate ale presiunii, fiind o zonă presurizată ca urmare a injecției aerului de întreținere a arderii.

Această injecție trebuie să se realizeze la valori ale presiunii superioare valorilor suprapresiunii locale ce iau naștere în zona frontului de ardere.

Dincolo de punctul $C$, presiunea scade rapid pentru ca, începînd de la o distanță relativ redusă de front, să ajungă la valori apropiate de valoarea avută de zăcământ înainte de aplicarea procesului de combustie subterană.

Existența suprapresiunii locale de dilatare s-ar putea pune în evidență pe cale experimentală dacă se oprește injecția aerului pentru o anumită perioadă de timp și se măsoară evoluția presiunii în sondele de observație amplasate pe aliniamentul sondă de injecție—sondă de reacție. Rezerva de aer constituită din zona presurizată a colectorului, cuprinsă între sonda de injecție și frontul de ardere, asigură continuarea combustiei pentru încă un timp, ceea ce va determina o deplasare a frontului de ardere pe distanța $C'-C''$. Curbele *2* și *3* din figura 7 reprezintă modificarea în timp a profilului presiunii o dată cu deplasarea frontului de ardere în condițiile opririi injecției de aer, punînd în evidență un maximum al presiunii în jurul punctelor $C$, $C'$ și $C''$, aflate în zona de combustie.

Existența zonei de suprapresiune locală de dilatare este dovedită și de anumite caracteristici de comportare a sondelor de injecție și de reacție într-un proces termic de recuperare a țițeiului, dintre care mai importante ar fi următoarele.

• După o perioadă de timp de la aprinderea stratului productiv, în majoritatea sondelor de combustie presiunea de injecție a aerului crește nejustificat, fenomen pus, de regulă, pe seama blocării stratului. Dezvoltarea circulară, inițial pe toată grosimea stratului productiv, a frontului de ardere după o perioadă relativ mică de timp de la aprindere, conduce la creșteri considerabile ale temperaturii zonei încălzite, deci la apariția, în apropierea sondei de injecție, a suprapresiunii locale de dilatare care, pentru a fi învinsă, reclamă presiuni mărite de injecție. Ulterior, pe măsură ce crește raza frontului de combustie crește și probabilitatea franjurării frontului și/sau de producere a canalizărilor, ceea ce va determina o diminuare a ritmului de creștere a presiunii de injecție sau chiar o reducere a acestor presiuni.

• Într-un proces de combustie subterană unele sonde de reacție încep să producă eruptiv, de o manieră violentă, mari cantități de lichide o dată cu apropierea frontului de ardere, deși valorile presiunii de zăcământ nu ar justifica, în totalitate, un astfel de comportament.

• La repunerea în producție a unor sonde la care se aplică procese termice ciclice, în special în cazul combustiei subterane, acestea produc eruptiv pentru o perioadă de timp, chiar în condițiile efectuării unei pauze suficient de mare pentru redistribuirea presiunii după sistarea injecției agentului termic sau a aerului.

### III. Gradul de influențare a recuperării țițeiului prin dilatarea termică a mediilor solid și fluid

Într-un proces termic aplicat în faza exploatării primare a unui zăcământ de țiței greu și vîscos, care — de regulă — este lipsit de gaze libere sau în soluție și din acest motiv lichidele pot fi considerate practic incompresibile, prin creșterea temperaturii stratului productiv cu o valoare $\Delta t$, volumul mediului solid va suferi o modificare definită prin relația :

$$V_1 = V_s + V_s \cdot \alpha_s \cdot \Delta t, \qquad (3)$$

în care creșterea de volum a mediului solid prin dilatarea termică va fi :

$$\Delta V_s = V_s \cdot \alpha_s \cdot \Delta t. \qquad (4)$$

Exprimînd volumul mediului solid în funcție de volumul zăcămîntului, relația [4] devine :

$$\Delta V_s = V_z (1 - m) \cdot \alpha_s \cdot \Delta t. \qquad (5)$$

Întrucît creşterea volumului mediului solid nu poate avea loc decît pe baza micşorării, în consecinţă, a volumului porilor, se poate scrie egalitatea :

$$\Delta V_s = \Delta N_{d_s} = V_z (1 - m) (S_{a_i} + S_{t_i}) \cdot \alpha_s \cdot \Delta t. \quad (6)$$

Dintre lichidele care saturează mediul poros-permeabil interesează numai ţiţeiul, în care caz relaţia (6) se poate scrie sub forma :

$$\Delta N_{d_s} = V_z (1 - m) \cdot S_{t_i} \cdot \alpha_s \cdot \Delta t. \quad (7)$$

Relaţia (7) este valabilă în ipoteza că fluidele care saturează spaţiul poros-permeabil vor fi expulzate, pe măsura dilatării termice a mediilor solid şi lichid, în aceeaşi proporţie în care acestea s-au aflat înainte de aplicarea procesului termic.

Ipoteza admisă reprezintă o abatere minimă de la modul real de comportare a sistemului, dacă se are în vedere faptul că temperaturile crescute influenţează, cu precădere, caracteristicile de curgere ale ţiţeiului faţă de apă (scăderea viscozităţii, creşterea mobilităţii, coeficientul de expansiune termică superior etc.).

Pentru a se ţine cont de faptul că zăcămîntul de ţiţei este parţial afectat de creşterea de temperatură $\Delta t$, în relaţia (7) se introduce parametrul $f_T$, denumit factor de inundare termică, definit ca raportul dintre volumul de zăcămînt încălzit la temperatura $t$ şi întregul volum al zăcămîntului :

$$f_T = \frac{(V_z)t}{V_z}, \quad \%. \quad (8)$$

Factorul de inundare termică $f_T$ poate caracteriza eficienţa unui proces termic, funcţie de valoarea pe care acesta o poate avea.

Prin convenţie se admit următoarele limite :

$f_T = 0 \div 15\%$, procesul termic este ineficient;

$f_T = 15 \div 35\%$, procesul termic are o eficientă redusă ;

$f_T = 35 - 70\%$, procesul termic este eficient ;

$f_T = 70 - 100\%$, procesul termic este foarte eficient.

Ţinînd seama de influenţa factorului de inundare termică $f_T$, relaţia (7) devine :

$$\Delta N_{d_s} = V_z (1 - m) \cdot S_{t_i} \cdot \alpha_s \cdot f_T \cdot \Delta t. \quad (9)$$

Determinarea volumului de ţiţei expulzat termic din spaţiul poros permeabil, ca urmare a dilatării termice a mediului lichid $\Delta N_{d_l}$, se efectuează în mod similar, ajungîndu-se în final la o relaţie de forma :

$$\Delta N_{d_l} = V_z \cdot m \cdot S_{t_i} \cdot \alpha_t \cdot f_T \cdot \Delta t. \quad (10)$$

Cantitatea totală de ţiţei expulzat din spaţiul poros-permeabil, ca efect global al dilatării termice, va fi :

$$\Delta N_d = \Delta N_{d_s} + \Delta N_{d_l}. \quad (11)$$

Înlocuind în relaţia (11) valorile date de relaţiile (9) şi (10) rezultă :

$$\Delta N_d = V_z \cdot S_{t_i} [\alpha_s (1 - m) + \alpha_t \cdot m] \cdot f_T \cdot \Delta t. \quad (12)$$

Rezerva geologică de ţiţei a unui zăcămînt este definită de relaţia :

$$N = \frac{V_z \cdot m \cdot S_{t_i}}{b_t}, \quad (13)$$

de unde :

$$V_z = \frac{N \cdot b_t}{m \cdot S_{t_i}}. \quad (14)$$

Înlocuind în relaţia (12) se obţine :

$$\Delta N_d = \frac{N \cdot b_t}{m} [\alpha_s (1 - m) + \alpha_t \cdot m] \cdot f_T \cdot \Delta t. \quad (15)$$

Relaţia (15) mai poate fi scrisă sub forma :

$$\frac{\Delta N_d}{N} = \gamma = \frac{b_t}{m} [\alpha_s (1 - m) + \alpha_t \cdot m] \cdot f_T \cdot \Delta t. \quad (16)$$

În cazul în care metoda termică de exploatare a ţiţeiului este aplicată ca proces secundar sau terţiar de recuperare, ţinînd cont de valorile iniţiale şi reziduale ale saturaţiei în ţiţei, relaţia (16) devine :

$$\frac{\Delta N_d}{N} = \gamma = \frac{b_t (S_{t_i} - S_{t_r})}{m \cdot S_{t_i}} [\alpha_s (1 - m) + \alpha_t m] \cdot f_T \cdot \Delta t. \quad (17)$$

În cazul în care zăcămîntul de ţiţei greu şi vîscos are o saturaţie în gaze care nu poate fi neglijată, atunci se pot scrie relaţiile :

• pentru cazul aplicării procesului termic în faza exploatării primare, relaţia (16) devine :

$$\frac{\Delta N_d}{N} = \gamma = \frac{b_t}{m \cdot S_{t_i}} [\alpha_s (1 - m) (S_{t_i} + S_{g_i} \cdot C_g) + m (S_{t_i} \cdot \alpha_t + S_{g_i} \cdot \alpha_g \cdot C_g)] \cdot f_T \cdot \Delta t; \quad (18)$$

• pentru cazul aplicării procesului termic în faza exploatării secundare sau terţiare, rela-

ția (17) devine:

$$\frac{\Delta N_d}{N} = \gamma = \frac{b_t}{m \cdot S_{t_i}} \{\alpha_s (1 - m)[(S_{t_i} - S_{t_r}) + (S_{g_i} - S_{g_r}) \cdot C_g] + m[(S_{t_i} - S_{t_r})\,\alpha_t + (S_g - S_{g_r}) \cdot \alpha_g \cdot C_g]\} f_T \cdot \Delta t. \quad (19)$$

Raportul $\frac{\Delta N_d}{N}$, notat cu $\gamma$, este denumit factor global de expulzare termică a țițeiului și definește cota-parte din rezerva geologică de țiței expulzat din spațiul poros permeabil sub efectul dilatării mediilor solid și fluid ale unui zăcămînt de țiței a cărui temperatură a fost crescută cu o valoare $\Delta t$.

În figura 8 se prezintă curbele de variație a factorului de expulzare termică a țițeiului $\gamma$ dată de relația (16) în cazul concret al unui zăcămînt, avînd următoarele caracteristici:

$$b_t = 1{,}04;$$

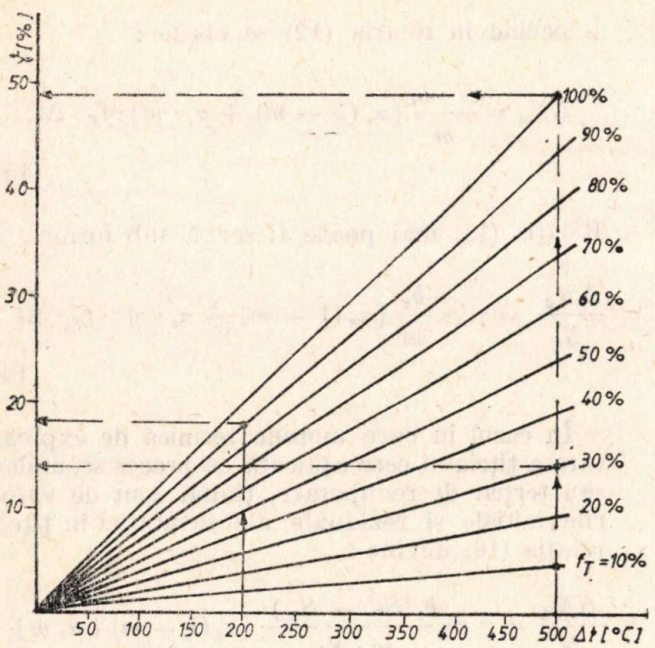



Fig. 8. Variația factorului global de expansiune termică a țițeiului $\gamma$ funcție de creșterea de temperatură $\Delta t$ pentru diferite valori ale factorului de inundare termică $f_T$.

$$\alpha_t = 6{,}8 \times 10^{-4}/°C;$$

$$\alpha_s = 5{,}5 \times 10^{-5}/°C.$$

Curbele au fost trasate pentru valori ale factorului $f_T = 10 \div 100\%$ și pentru creșteri ale temperaturii zăcămîntului $\Delta t = 0 - 500°C$. Din interpretarea curbelor prezentate în figura 8 se desprind cîteva aspecte deosebit de interesante, și anume:

— În cazul unui zăcămînt de țiței exploatat printr-un proces termic capabil să crească temperatura stratului $\Delta t = 500\ °C$ și să realizeze un factor de inundare termică redus ($f_T = 10\%$), volumul de țiței expulzat din spațiul poros-permeabil sub efectul dilatării termice reprezintă un procent de numai 4,8% din rezerva geologică de țiței, în timp ce pentru un factor de inundare termică de valoare maximă ($f_T = 100\%$), țițeiul expulzat termic în cadrul aceluiași proces poate ajunge pînă la 48,15%. Prin urmare, în acest ultim caz, circa jumătate din rezerva geologică de țiței este dezlocuită și pusă în mișcare sub efectul dilatării termice a mediilor fluid și solid.

Aducerea la suprafață a întregii cantități de țiței expulzat din spațiul poros-permeabil, sub efectul dilatării termice, poate avea loc sau nu, funcție de eficiența sistemului de exploatare aplicat.

— Un proces termic se consideră mai eficient în cazul în care se realizează valori mai mici pentru creșterea de temperatură $\Delta t$ și valori mai mari pentru factorul de inundare termică $f_T$. De exemplu, un proces termic care realizează parametrii $\Delta t = 200\ °C$ și $f_T = 90\%$, deci care au un factor global de expansiune termică $\gamma = 17{,}95\%$, poate fi mai eficient decît procesul termic în care se realizează $\Delta t = 500°C$ și $f_T = 30\%$, respectiv $\gamma = 14{,}6\%$.

Pentru determinarea cantității de țiței produs la suprafață, sub efectul dilatării termice, se consideră că eficiența de deplasare către sondele de reacție și eficiența de extracție a țițeiului astfel dezlocuit sînt egale cu eficiența de deplasare și de extracție a țițeiului dezlocuit sub acțiunea celorlalte mecanisme. În acest caz se poate scrie relația:

$$fd_t = \gamma \cdot FFR. \quad (20)$$

Factorul $fd_t$, denumit factor final de recuperare a țițeiului prin dilatare termică, permite evaluarea influenței pe care o poate avea fenomenul dilatării într-un proces termic, asupra valorii factorului final de recuperare a țițeiului.

Cantitatea de țiței produs la suprafață sub efectul dilatării termice va fi:

$$\Delta N d_t = fd_t \cdot N. \quad (21)$$

Pentru exemplificare, se ia cazul procesului termic menționat anterior pentru care s-a determinat un factor global de expulzare termică $\gamma = 17{,}95\%$ și un factor final de recuperare a țițeiului $FFR = 48\%$. Prin aplicarea relației (20) rezultă $fd_t = 8{,}6\%$, ceea ce înseamnă că 8,6% din rezerva geologică de țiței se va produce — în final — la suprafață, ca efect al dilatării termice a mediilor solid și fluid, ceea ce constituie o valoare deosebit de atrăgătoare.

## Concluzii

— Aportul mecanismului de dezlocuire a ţiţeiului prin dilatarea mediilor solid şi fluid nu trebuie minimalizat.

Cunoaşterea cît mai detaliată a acestor fenomene poate conduce la creşterea eficienţei de recuperare a ţiţeiului printr-un proces termic de exploatare a acestuia.

— Dezlocuirea ţiţeiului, ca urmare a dilatării mediilor solid şi fluid într-un proces termic, este cu atît mai mare cu cît valorile medii ale creşterilor de temperatură şi valoarea factorului de inundare termică a zăcămîntului sînt mai mari.

— Rezultatele cercetărilor efectuate de autorii acestei lucrări ar putea constitui o cale, fie ea şi aproximativă, de evaluare a influenţei pe care o poate avea mecanismul de dezlocuire a ţiţeiului prin dilatarea mediilor solid şi fluid într-un proces termic de exploatare, asupra valorii factorului final de recuperare a ţiţeiului.

*Anexa 1*

*Lista semnificaţiei simbolurilor utilizate în textul lucrării*

$V_1$ — volumul mediului solid după încălzire, m³;
$\Delta V_s$ — creşterea de volum a mediului solid prin încălzire, m³;
$V_z$ — volumul total al zăcămîntului, m³;
$S_{at}, S_{ti}, S_{gi}$ — saturaţia iniţială în apă, ţiţei şi respectiv gaze;
$S_{tr}$, $S_{gr}$ — saturaţia în ţiţei, respectiv în gaze, a zăcămîntului în momentul aplicării procesului termic, %;
$m$ — porozitatea colectorului, %;
$\alpha_s$, $\alpha_t$, $\alpha_g$ — coeficientul de dilatare termică a mediului solid, respectiv a ţiţeiului şi gazelor, 1/°C;
$C_g$ — factorul de compresibilitate a gazelor, 1/at;
$b_t$ — factorul de volum al ţiţeiului;
$\Delta t$ — creşterea de temperatură prin încălzire, °C;
$\Delta N_{d_s}$ — volumul de lichid expulzat termic, ca urmare a dilatării mediului solid, m³;
$\Delta N_{d_l}$ — volumul de lichid expulzat termic, ca urmare a dilatării mediului lichid, m³;
$\Delta N_d$ — volumul total al lichidului expulzat, ca efect al dilatării termice a mediilor solid şi fluid, m³;
$N$ — rezerva geologică de ţiţei, m³;
$f_T$ — factorul de inundare termică;
$\gamma$ — factorul global de expulzare termică a ţiţeiului, %;
$FFR$ — factorul final de recuperare a ţiţeiului, %;
$Nd_t$ — cantitatea de ţiţei produsă la suprafaţă, ca efect al dilatării termice, m³.

### Bibliografie


[1] Burger, J., Sourieau, P., Combarnous, M. *Termal Methods of Oil Recovery.* Ed. Techniq, Paris, 1985.

[2] Prats, M. *Termal Recovery.* Second Printing Society of Petroleum Engineers. Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME. New York, Dallas, 1986.

[3] Nelson, T.W. and Mc Niel J.S. Jr. *How to Engineer an In Situ Combustion Project.* Oil and Gas Journal, June, 5, 1961 p. 58—65.

[4] Gates, C. F., Jung, K. D. and Surface, R.A. *In Situ Combustion in the Tulare Formation, South Belridge Field, Kern County, California.* Journal of Petroleum Technology, May, 1978, p. 798—806, Trans AIME 265.

[5] Cristian, M., Socol, S., Constantinescu, Al. *Creşterea productivităţii şi receptivităţii sondelor.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1982.

[6] Petcovici, V. *Considerations sur les possibilités du controle du front de combustion dans un processus de combustion „in Situ" sur champ.* Revue de l'Institut francais du petrole, nr. 12, decembrie, 1970.


# Amestecătoare laterale pentru rezervoare realizate în România


Şef. lucr. dr. ing. **Şt. Dărvăreanu**
prof. dr. ing. **Şt. Teodorescu**
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti


Începînd din anul 1975, Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti, ca subproiectant al Institutului de Cercetări Inginerie Tehnologică şi Proiectare pentru Rafinării Ploieşti, a proiectat amestecătoare laterale pentru amestecarea fluidelor petroliere depozitate în rezervoare cilindrice verticale cu capac fix sau cu capac plutitor.

Elaborarea proiectelor a avut la bază cerinţa economiei naţionale de a se proiecta şi executa în ţară amestecătoare laterale, necesare industriei petrochimice, în vederea eliminării importului.

Proiectarea s-a făcut fără achiziţionare de licenţă, urmărindu-se ca amestecătoarele laterale executate după aceste proiecte să fie competitive cu cele fabricate de firme străine, specializate în aceste utilaje.

Proiectele au fost elaborate corespunzător unei fabricaţii de serie mică şi cu condiţii optime de economicitate.

Au fost proiectate amestecătoare laterale pentru rezervoare de tip basculant cu transmisie prin curele, de tip basculant cu transmisie cu angrenaj conic şi de tip fix cu angrenaj conic, fiecare tip în varianta fixat la sol sau în varianta ancorat la rezervor.

Amestecătoarele laterale pentru rezervoare proiectate de I.P.G. Ploieşti şi realizate la diferite uzine din România sînt prezentate ca tipodimensiuni cu denumire şi simbolizare în tabelul 1. În figurile 1 şi 2, se prezintă forma constructivă, montajul la rezervor şi elementele dimensionale generale pentru amestecătorul tip ABCM şi, respectiv, pentru amestecătoarele tip AFRM.

La toate proiectele s-a urmărit ca amestecătorul realizat, pe lîngă cerinţa principală pentru care a fost conceput (amestecarea fluidelor din rezervor), să poată fi deservit cu uşurinţă, fără urmărire permanentă în funcţionare. De asemenea, s-a adoptat soluţia construc-

*Tabelul 1*

| Denumirea amestecătorului lateral pentru rezervor | Simbol | Rezervorul | |
|---|---|---|---|
| | | capacitatea, $m^3$ | fluidul |
| Amestecător basculant cu curele trapezoidale şi etanşare cu garnituri manşetă | ABCM-40 | 50 000 | ţiţei |
| Amestecător basculant cu roţi conice în reductor MAN şi etanşare cu garnituri manşetă | ABRM-30 | 31 500 | ţiţei |
| Amestecător fix cu roţi conice în reductor MAN, arbore din două bucăţi şi etanşare frontală | AFRF-30 | 10 000 | benzină |
| Amestecător basculant cu pinioane conice şi etanşare cu garnitură manşetă | ABPM-30 | 50 000 | ţiţei |
| Amestecător fix cu pinioane conice şi etanşare frontală | AFPF-30 | 10 000 | benzină |
| Amestecător fix cu pinioane conice şi etanşare cu garnituri manşetă | AFPM-30 | 31 500 | ţiţei |
| Amestecător fix cu roţi conice în reductor IMS şi etanşare cu garnituri manşetă | AFRM-17 | 400 | ulei |
| Amestecător fix cu roţi conice în reductor IMS şi etanşare cu garnituri manşetă | AFRM-10 | 31 800 | petrol-Avio |
| Amestecător fix cu roţi conice în reductor IMS şi etanşare cu garnituri manşetă | AFRM-5,5 | 400 | ulei |
| Amestecător fix cu pinioane conice şi etanşare cu garnituri manşetă | AFPM-10 | 10 000 | motorină |
| Amestecător fix cu pinioane conice şi etanşare frontală | AFPF-10 | 10 000 | benzină |

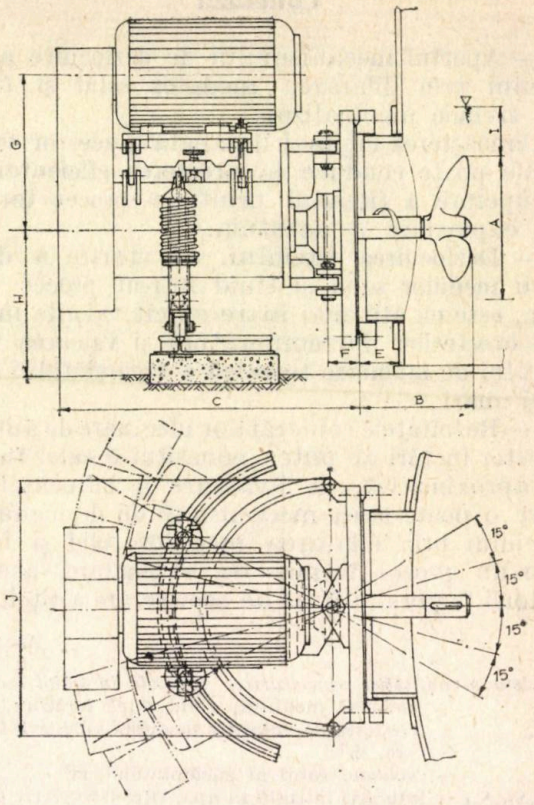



Fig. 1

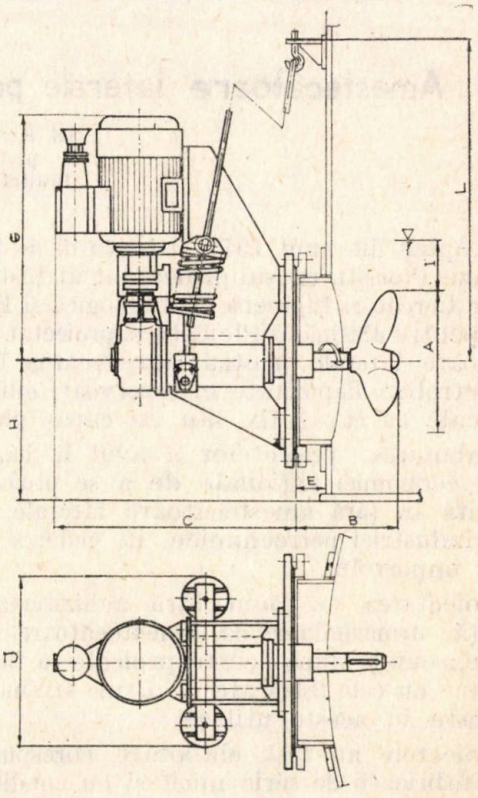



Fig. 2

tivă care permite reparaţia la sistemul de etanşare al arborelui fără demontarea amestecătorului de la rezervor.

Această însuşire înlătură operaţia de golire a rezervorului, măsurile pregătitoare şi existenţa unor maşini şi utilaje pentru operaţia de demontare a amestecătorului de la rezervor şi transportul acestuia la atelierul mecanic pentru reparaţia sistemului de etanşare la arbore.

Pentru principalele repere şi subansamble s-a folosit o soluţie simplă, în construcţie sudată.

În construcţia amestecătoarelor cu angrenaj conic (roţi conice), s-a utilizat grupul conic folosit la autocamionul ROMAN, grupul conic folosit la autoturismul IMS şi pompa de ungere de la autocamionul ROMAN.

La primele amestecătoare s-a păstrat montajul grupului conic în carcasa proprie ROMAN şi respectiv IMS. Pentru a reduce costul şi greutatea noilor amestecătoare, în construcţia acestora s-au folosit numai roţile grupului conic.

Antrenarea grupului conic de la motorul electric s-a făcut prin cuplaj cu elemente elastice, de tipul clasic, care nu ridică probleme la execuție și în funcționare.

Rezemarea arborelui care susține elicea în consolă a fost realizată pe rulmenți, montajul acestora urmărind sistemul clasic.

Sistemul de etanșare pe arbore a fost adoptat corespunzător fluidului existent în rezervor. Astfel, pentru țiței și produse grele și unguente, cum sînt uleiurile, mediile petroliere alifatice etc., s-a adoptat etanșarea cu garnituri din cauciuc cu calități corespunzătoare (PTA 80, PTF 80), de tip poliacrilic sau tip viton, cu formă similară simeringului, care se folosește curent în instalațiile petroliere, la capul hidraulic.

Pentru benzină și alte produse petroliere albe s-a adoptat sistemul de etanșare folosit la pompele centrifugale, care vehiculează aceleași fluide.

**Bibliografie**


[1] Soare, S. *Procese hidrodinamice*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1979.
[2] Sterbacek, Z. ș.a. *Amestecarea*. Ed. Tehnică, București, 1986.
[3] Teodorescu, Șt. ș.a. *Sistem de etanșare a arborelui amestecătorului (mixer)*. Buletinul I.P.G. Ploiești, 1979.
[4] * * * Catalog Lightniu.
[5] * * * Catalog Plenty.


# Metode și relații pentru calculul căderilor de presiune la curgerea sistemelor bifazice, vapori-lichid, prin conducte orizontale


Șef lucr. dr. ing. **V. Somoghi**
Institutul de Petrol și Gaze Ploiești


## Generalități

O analiză a cazurilor practice de curgere din industria petrochimică și chimică indică că din totalitatea echipamentelor de schimb de căldură, transfer de masă și transport fluide, aproximativ 60% implică sisteme bifazice [1].

Sistemele bifazice lichid-vapori (gaz) pot fi constituite din unul, doi sau mai mulți componenți atît în faza lichidă, cît și în faza de vapori. Uneori, între faza lichidă și faza gazoasă se realizează condiții de echilibru (în condensatoare, refierbătoare, cuptoare tubulare, coloane și chiar în unele conducte de transport), iar în alte cazuri faza gazoasă se comportă ca un inert în contact cu lichidul.

În acest articol sînt prezentate o serie de aspecte specifice curgerii bifazice și cîteva metode de calcul al căderilor de presiune pentru aceste sisteme, mai frecvent utilizate, preluate din literatură.

## Modele de curgere a sistemelor bifazice

Tipurile reale de curgere prin conducte orizontale, specifice sistemelor bifazice, introduse de către Beker [2], [3] pot fi grupate astfel [4], [5], [6].

*Curgerea separată a fazelor* (segregate flow), care include următoarele aspecte.

• Curgerea stratificată, în care faza lichidă se găsește la partea inferioară a conductei, iar la partea superioară faza gazoasă separată net de cea lichidă. Vitezele de curgere ale fazelor sînt apropiate sau egale.

• Curgerea în valuri, în care viteza de curgere a fazei gazoase este mai mare decît a fazei lichide și, ca urmare a forțelor de frecare interfazice, la suprafața lichidului se formează valuri.

• Curgerea inelară poate apărea atît în conductele orizontale, cît și în cele verticale sau înclinate și se caracterizează prin viteza de curgere a fazei gazoase mult mai mare decît a fazei lichide și menținerea acesteia la peretele conductei sub forma unui inel de lichid. Miezul gazos poate conține o cantitate mai mare sau mai mică de lichid sub formă de picături provenite prin antrenare.

*Curgerea intermitentă*, care include

• Curgerea de tip piston, în care bulele de vapori (gaz) ocupă o parte din secțiunea conductei și se mișcă în lungul acesteia ca un piston.

• Curgerea de tip dopuri, în care la viteze mari ale gazului, valurile antrenate la suprafața lichidului pot ocupa întreaga secțiune a conductei, caracterizîndu-se prin faptul că porțiuni alternative din conductă sînt ocupate de vapori și de lichid.

*Curgerea distributivă*

• Curgerea de tip bule, în care vaporii sînt distribuiți sub formă de bule în întreaga cantitate de lichid; modelul poate exista pînă la fracții volumetrice ale gazului în amestec de 30% sau în limitele următoarelor viteze superficiale : $w_{sl} = 1{,}5-5$ m/s și $w_{sg} = 0{,}3-35$ m/s.

• Curgerea de tip ceață, în care lichidul este distribuit sub formă de picături fine în faza gazoasă; modelul este posibil în condițiile curgerii critice, la rapoarte mari vapori/lichid și la viteze ale fazei gazoase de peste 60 m/s.

Datorită numărului mare de variabile care intervin în procesul de curgere, delimitarea acestor modele este dificilă și imprecisă. În plus, în cazul curgerii unor sisteme în care raportul lichid/vapori se modifică (vaporizare sau condensare) se realizează trecerea succesivă prin mai multe modele.

Pentru calculul căderilor de presiune există metode care iau în considerare modelele enunțate, metode care pot amplifica erorile prin situarea într-un alt model de curgere decît cel real și metode care fac abstracție de tipurile de curgere posibile și acceptă alte modele cum sînt :

• modelul curgerii omogene, care este cel mai simplu model și se bazează pe presupunerea că amestecul bifazic se comportă ca un sistem monofazic cu proprietățile medii ale sistemului bifazic (este real pentru curgerea distributivă) ;

• modelul curgerii separate, care are în vedere curgerea separată a fazelor, ecuațiile de bilanț de masă, forțe și energie, scriindu-se independent pentru fiecare fază (este real pentru curgerea stratificată).

În cazul curgerii bifazice se utilizează o serie de noțiuni specifice, dintre care cele mai importante vor fi prezentate în continuare.

**Fracția volumetrică locală**

S-a constatat, experimental, că fracțiile volumetrice medii ale fazelor unui sistem bifazic în curgere diferă de fracțiile locale datorită, în principal, vitezelor diferite de curgere.

Fracțiile volumetrice medii sînt definite ca raportul între volumul unei faze și volumul total al sistemului $\beta$, iar pentru definirea fracției volumetrice locale $\varepsilon$ („void fraction" sau „implace volum holdup") se raportează volumul unei faze la volumul elementului de conductă considerat $dL$, obținîndu-se :

— pentru fracția volumetrică locală de vapori :

$$\varepsilon = \frac{A_g \cdot dL}{A \cdot dL} = \frac{A_g}{A}; \qquad (1)$$

— pentru fracția volumetrică locală de lichid :

$$1 - \varepsilon = \frac{A_l \cdot dL}{A \cdot dL} = \frac{A_l}{A}. \qquad (2)$$

Deseori, aceste fracții sînt corelate cu raportul vitezelor reale de curgere a fazelor prin conductă, termen numit „raport de alunecare". Avînd în vedere relațiile de calcul al vitezelor reale de curgere :

$$w_g = \frac{V_g}{A_g} = \frac{x \cdot W}{\rho_v \cdot A_g} = \frac{x \cdot W}{\rho_v \cdot \varepsilon \cdot A}; \qquad (3)$$

$$w_l = \frac{V_l}{A_l} = \frac{(1-x) \cdot W}{\rho_L \cdot A_l} = \frac{(1-x) \cdot W}{\rho_l (1-\varepsilon) A}, \qquad (4)$$

se obține următoarea relație pentru raportul de alunecare :

$$r_a = \frac{w_g}{w_l} = \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} \cdot \frac{x}{(1-x)} \cdot \frac{\rho_l}{\rho_v}, \qquad (5)$$

în care :

$V_{g,l}$ este debitul volumetric de vapori și lichid ;

$W$ — viteza totală de masă ;

$A_{g,l}$ — secțiunile de curgere a vaporilor și lichidului ;

$x$ — fracția masică de vapori din amestecul vapori-lichid.

În literatură sînt prezentate numeroase relații empirice de calcul al raportului de alunecare, dintre care amintim relația Smith [7] și relația Chisholm [8], considerate printre cele mai corecte [22] :

$$r_a = 0{,}4 + 0{,}6 \cdot \left\{ \left[ \frac{\rho_l}{\rho_g} + 0{,}4 \left( \frac{1}{x} - 1 \right) \right] \Big/ \left[ 1 + 0{,}4 \left( \frac{1}{x} - 1 \right) \right] \right\}^{0{,}5}, \qquad (6)$$

respectiv :

$$r_a = \left[ x \cdot \frac{\rho_l}{\rho_g} + (1-x) \right]^{0{,}5}. \qquad (7)$$

Corelînd ecuațiile (5), (6), (7), se obțin relații pentru calculul fracției locale de vapori, care conduc la rezultate satisfăcătoare.

Pentru calculul lui $\varepsilon$, în literatură sînt publicate numeroase alte relații [9], [10], [11], [12], dintre care merită amintită relația lui Armand [9], care a studiat sistemul apă-abur și a obținut o corelație între $\varepsilon$ și $\beta$ :

$$\varepsilon = K \cdot \beta,$$

$K$ luînd valoarea de 0,833 pentru $\beta = 0{,}3 - 0{,}9$.

Zuber [10] și Wallis [11], pentru același sistem au obținut $K = 0{,}885$.

Hughmark, analizînd valoarea lui $K$ pentru diverse sisteme bifazice [13], a constatat că acesta este funcție de o serie de alți parametri specifici curgerii bifazice $K = f(Z)$, în care parametrul $Z$ este dat de relația :

$$Z = Re^{1/6} \cdot Fr^{1/8} \cdot (1-\beta)^{-1/4}, \qquad (8)$$

în care criteriile Reynolds și Froude se calculează cu relațiile :

$$Re = W \cdot D / [\varepsilon \cdot \mu_g + (1-\varepsilon) \cdot \mu_l]; \qquad (10)$$

$$Fr = W^2/(\rho_m^2 \cdot g \cdot D), \quad (11)$$

densitatea fiind calculată ca medie volumetrică pentru amestecul de vapori-lichid :

$$\rho_m = \beta \cdot \rho_g + (1 - \beta) \cdot \rho_l. \quad (12)$$

DeGage [6], prelucrînd datele obținute de Hughmark, a stabilit următoarele corelații între $K$ și $Z$ :

— pentru $Z < 10$ :

$$K = -0{,}16367 + 0{,}31035 \cdot Z - 0{,}03525 \cdot Z^2 + 0{,}001366 \cdot Z^3; \quad (13)$$

— pentru $Z > 10$ :

$$K = 0{,}75545 + 0{,}003585 \cdot Z - 1{,}436 \cdot 10^{-5} \cdot Z^2. \quad (14)$$

Metoda Hughmark se rezolvă iterativ deoarece necunoscuta $\varepsilon$ intervine și în criteriul $Re$. Pentru reducerea numărului de încercări se recomandă utilizarea metodei Newton-Raphson [6].

Dukler [4], [5] consideră că această metodă este cea mai corectă și o utilizează pe întreg domeniul lui $\varepsilon$, cu toate că a constatat o mai bună concordanță între $\varepsilon$ experimental și cel calculat cu relația Lockhart-Martinelli pentru $\varepsilon$ mai mare de 0,8, relație dată mai jos :

$$\varepsilon = exp[-0{,}25521 - 0{,}105733 \cdot \ln X - 2{,}89274 \cdot 10^{-2} \cdot (\ln X)^2 - 8{,}83826 \cdot 10^{-3} \cdot (\ln X)^3], \quad (15)$$

în care parametrul $X$ va fi definit în cele ce urmează.

Referitor la parametrul $K$ se fac următoarele precizări [4], [5], [6] :

$K$ este un parametru empiric care descrie abaterea de la curgerea unidirecțională a sistemului ;

— pentru $K = 1$ se acceptă modelul curgerii omogene, același model fiind acceptat dacă $K > 1$, situație imposibilă deoarece ar rezulta $\varepsilon > \beta$ ;

— pentru $K < 1$ se consideră curgerea separată a fazelor ($\varepsilon < \beta$).

### Curgerea critică

Viteza de curgere prin conducte este cu atît mai mare cu cît diferența de presiune între punctele terminale este mai mare, indiferent de natura fluidului vehiculat. Însă, în cazul fluidelor compresibile, creșterea presiunii la intrare determină creșterea vitezei de curgere pînă la o valoare maximă, numită **viteză critică**. Acestei viteze îi corespunde un debit maxim — debit critic (sau viteză de masă critică). Pentru fluidele compresibile, raportul presiunilor de la capetele conductei, care asigură atingerea vitezei critice, este cuprins între 1,82 și 2, funcție de natura gazului.

Viteza critică de curgere în sistemele gazoase este dată de viteza de propagare a sunetului prin acestea, conform relației :

$$w_{cr} = v_{sg} = (k \cdot R_M \cdot T)^{0,5}, \quad (16)$$

în care :

$k$ este exponentul adiabatic ;

$R_M$ — constanta universală a gazelor, J/kg·K ;

$T$ — temperatura absolută.

Cu această relație se obțin următoarele valori pentru viteza sunetului : prin aer uscat la 20°C, 332 m/s ; etan, 301 m/s ; vapori de benzen, 181 m/s etc.

În cazul lichidelor nu se poate vorbi de o viteză maximă de curgere, aceasta fiind stabilită în cele mai frecvente situații din considerente economice.

Viteza sunetului prin lichide este mult mai mare decît prin gaze sau vapori ; aceasta se determină în mod obișnuit experimental (pentru apă la 20°C, 1 326 m/s ; acetonă, 1 190 m/s ; benzen, 1 324 m/s, alcool etilic, 1 123 m/s etc).

În cazul sistemelor bifazice se acceptă că viteza critică de curgere este egală cu viteza sunetului prin acestea, cu toate că nu există o atît de strînsă legătură ca în cazul fluidelor compresibile.

Hanna și colab. [14], avînd în vedere modul de propagare a sunetului în sistemele bifazice, au dedus, pe cale teoretică, o relație generală pentru calculul vitezei sonice, relație care, în urma unor simplificări, are următoarea formă :

$$v_{sb}^2 = \frac{\beta \cdot (1 - \beta) \cdot \rho_l \cdot \rho_r + \rho_{Ap} \cdot \rho_l}{\xi \cdot [\beta \cdot (1 - \beta) \cdot \rho_l \cdot \rho_g + \rho_{Ap} \cdot \rho_m]}, \quad (17)$$

în care :

$$\xi = \frac{1 - \beta}{v_{sl}^2} + \frac{\beta}{v_{sv}^2} \cdot \frac{\rho_l}{\rho_g};$$

$$\rho_m = \beta \cdot \rho_g + (1 - \beta) \cdot \rho_l;$$

$$\rho_r = \beta \cdot \rho_l + (1 - \beta) \cdot \rho_v.$$

Parametrul $\rho_{Ap}$ ia în considerare transferul de moment între faze, ca urmare a accelerației relative a acestora.

În cazul în care $\rho_{Ap} \to \infty$, se ajunge la modelul curgerii omogene, iar relația (17) capătă următoarea formă :

$$v_{sb}^2 = \frac{\rho_l}{\xi \cdot \rho_m} = v_{sv}^2 \cdot \frac{[x + (1 - x) \cdot D]^2}{x + (1 - x) \cdot D^2 \cdot C^2}, \quad (18)$$

relație recomandată și de către Hewit [1], în care $D = \rho_g/\rho_l$ și $C = v_{sv}/v_{sl}$.

În cazul în care $\rho_{Ap} \to 0$, se obține relația valabilă pentru curgerea separată a fazelor:

$$v_{sb}^2 = \rho_r/(\xi \cdot \rho_m). \quad (19)$$

Kutateladze și colab. [15] au studiat modul de propagare a sunetului prin sisteme formate din $N_2$, $CO_2$ sau He în fază gazoasă și apă sau glicerină în fază lichidă, la curgerea de tip bule. Rezultatele experimentale sînt într-o bună concordanță cu valorile date de ecuația:

$$v_{sb} = [k \cdot p/(\rho_m \cdot \varepsilon(1 - \varepsilon))]^{0,5}. \quad (20)$$

Analiza efectuată pentru curgerea sistemului apă-abur ($x$ cuprins între 0 și 1) a relațiilor (17); (18) și (20) a scos în evidență că diferențele între vitezele sonice nu sînt prea mari și a relevat faptul că neglijarea termenului care include pe $v_{sl}$ în relația (17) sau prin acceptarea lui $C = 1$ în relația (18) nu se introduc erori semnificative, ceea ce simplifică utilizarea relațiilor menționate.

Viteza de masă critică poate fi calculată cu relația:

$$W_{cr} = v_{sb} \cdot \frac{\beta \cdot \rho_g \cdot r_a + (1 - \beta) \cdot \rho_l}{\beta \cdot r_a + (1 - \beta)}. \quad (21)$$

Curgerea critică se caracterizează printr-o amestecare intensă a fazelor, ceea ce corespunde, în general, curgerii de tip ceață. Stabilitatea acestor sisteme este foarte mare, iar revenirea la alt model de curgere impune măsuri speciale și necesită lungimi mari de conductă.

În general, viteza critică scade o dată cu creșterea fracției volumetrice de vapori în amestec, atingîndu-se valori minime de circa 50 m/s în cazul sistemului abur-apă, și apoi crește, tinzînd către viteza sunetului în abur. Roshenow [16] menționează că este posibil a se atinge viteza critică în cazul sistemelor bifazice la căderi de presiune care reprezintă circa 30—70% din presiunea de intrare. Din aceste motive, la dimensionarea conductelor de transport al acestor sisteme trebuie acordată o importanță deosebită vitezei critice de curgere. Se menționează, în mod special, conductele de transfer între cuptoare și coloanele de separare, sistemele de golire rapidă, curgerea lichidelor pure sau a amestecurilor de componenți la temperatura de fierbere etc.

## Căderea de presiune

În figurile 1 și 2 sînt prezentate modelele curgerii omogene și al curgerii separate a fazelor și parametrii caracteristici curgerii. În cele ce urmează sînt analizate cîteva aspecte teoretice referitoare la pierderea de presiune, specifice celor două modele [17], precum și unele metode de calcul al căderii de presiune prin frecare, termen care, în condițiile practice de curgere, reprezintă căderea totală de presiune.

*Modelul curgerii omogene*

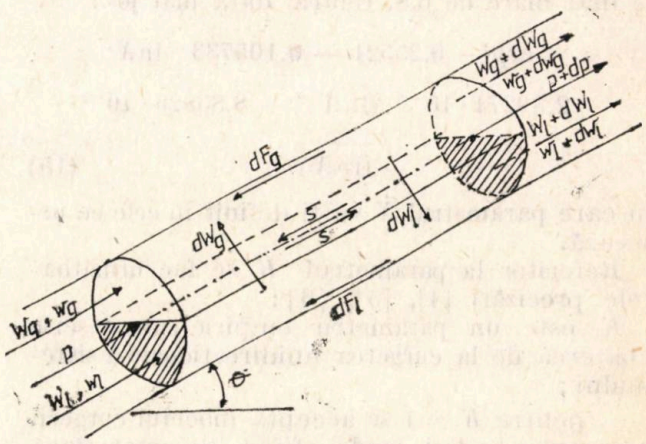
Pe baza ecuațiilor de conservare a masei și a impulsului, scrise pentru un element de conductă $dL$, conform figurii 1, se obține următoarea ecuație de conservare a forței:

$$A \cdot dp_{to} = A \cdot \rho_0 \cdot g \cdot \sin\theta \cdot dL - dF = m \cdot dw, \quad (22)$$

sau în termeni ai căderii de presiune:

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_{to} = \frac{dp}{A \cdot dL} + \rho_0 \cdot g \cdot \sin\theta + \frac{m}{A} \cdot \frac{dw}{dL}. \quad (23)$$

În relația (23) primul termen reprezintă căderea de presiune prin frecare, al doilea căderea de presiune hidrostatică ($\theta$ unghiul format de conductă cu orizontala), iar al treilea căderea de presiune dinamică. În cazul în care faza lichidă este la temperatura de fierbere, ca urmare a variației presiunii în lungul conductei $p = f(L)$ se modifică raportul fazelor, exprimat aici prin fracția masică de vapori $x$ din




Fgi. 1. Modelul curgerii omogene.

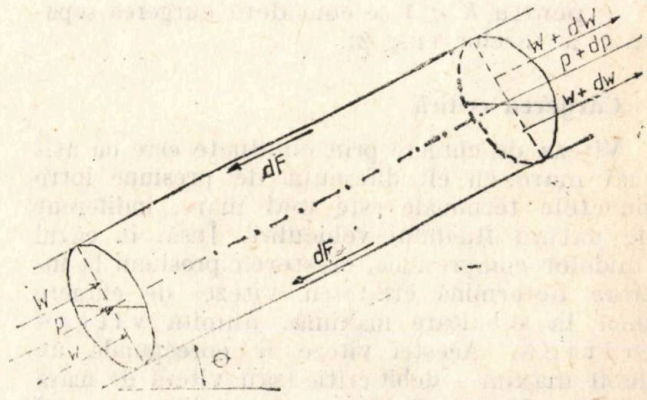



Fig. 2. Modelul curgerii separate.

amestecul total $x = f(L)$ şi, de asemenea, densitatea fazei vapori, exprimată prin volumul specific al acesteia ($v_g = 1/\rho_g = f(p)$. Avînd în vedere corelaţiile dintre diverşii parametri:

$$W = m/A\,;\; w = W/\rho_0 = W \cdot v_0\,;\; \mathrm{d}w = W \cdot \mathrm{d}v_0, \tag{24}$$

în care volumul specific al amestecului omogen $v_0$ este:

$$v_0 = x \cdot v_g + (1 - x) \cdot v_l = x \cdot (v_g - v_l) + v_l = x \cdot v_{gl} + v_l, \tag{25}$$

cu derivata:

$$\frac{\mathrm{d}v_0}{\mathrm{d}L} = v_{gl} \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}L} + x \cdot \frac{\mathrm{d}v_{gl}}{\mathrm{d}p} \cdot \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{to}, \tag{26}$$

relaţia (23) ia următoarea formă:

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{to} = \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{fo} + \frac{g \cdot \sin\theta}{v_0} + W^2 \cdot \left[v_{gl} \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}L} + x \cdot \frac{\mathrm{d}v_{gl}}{\mathrm{d}p} \cdot \left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{to}\right]. \tag{27}$$

Prin rearanjarea termenilor se obţine forma generală a ecuaţiei diferenţiale pentru calculul căderii totale de presiune:

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{to} = \frac{\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{fo} + \frac{g \cdot \sin\theta}{v_0} + W^2 \cdot v_{gl} \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}L}}{1 + W^2 \cdot x \cdot \frac{\mathrm{d}v_{gl}}{\mathrm{d}p}}. \tag{28}$$

Pentru calculul căderii de presiune prin frecare, Duckler recomandă utilizarea ecuaţiei:

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}L}\right)_{fo} = f_0 \cdot \frac{W^2}{2 \cdot D \cdot \rho_0}, \tag{29}$$

în care:

$$\rho_0 = 1/v_0.$$

Utilizarea ecuaţiei (28) este posibilă în anumite situaţii, cînd se pot accepta unele simplificări:

— cînd $x$ este constant şi se poate neglija variaţia volumului specific al vaporilor cu presiunea ($\mathrm{d}v_{gl}/\mathrm{d}p = 0$), coeficientul de frecare $f_0$ fiind aproximativ constant, ecuaţia (28) devine:

$$\Delta p_{to} = f_0 \cdot \frac{W^2 L}{2 \cdot D \cdot \rho_0} + \rho_0 \cdot g \cdot L \cdot \sin\theta\,; \tag{30}$$

— dacă se acceptă că $x$ variază liniar cu lungimea, de exemplu de la $x_1$ la $x_2$ pentru o zonă cu lungimea $\Delta L$ şi că toţi ceilalţi parametri sînt constanţi ($\Delta L$ suficient de mic), iar variaţia volumului specific al vaporilor cu presiunea este neglijabilă, prin integrarea ecuaţiei (28), în scopul obţinerii valorii medii a lui $x$ pentru sectorul considerat, se obţine:

$$p_{t_o} = f_0 \cdot \frac{W^2 \cdot \Delta L}{2 \cdot D \cdot \rho_{l_m}} \left(1 + x_m \cdot \frac{v_{gl_m}}{v_{l_m}}\right) + W^2 \cdot v_{gl_m} \cdot (x_2 - x_1) + \frac{g \cdot \Delta L \cdot \sin\theta}{v_{gl_m} \cdot (x_2 - x_1)} \cdot \ln \frac{v_{l_2} + x_2 \cdot v_{gl_2}}{v_{l_1} + x_1 \cdot v_{gl_1}}, \tag{31}$$

în care se utilizează parametrii în condiţiile de intrare (1), de ieşire (2) şi medii ($m$) daţi de relaţiile:

$$\rho_{l_m} = 0{,}5\,(\rho_{l_1} + \rho_{l_2})\,;$$

$$\rho_{g_m} = 0{,}5\,(\rho_{g_1} + \rho_{g_2})\,;$$

$$v_{l_m} = 1/\rho_{l_m}\,;$$

$$v_{g_m} = 1/\rho_{g_m}\,;$$

$$v_{vl_m} = v_{g_m} - v_{l_m}\,;$$

$$x_m = 0{,}5(x_1 + x_2)\,;$$

— integrarea ecuaţiei (28) ca atare, cu luarea în considerare a tuturor variaţiilor, este foarte dificilă, de aceea se preferă utilizarea variantei anterioare, prin împărţirea traseului într-un număr mai mare de sectoare.

Coeficientul de frecare $f_0$ se calculează cu relaţia [4], [5], [6]:

$$f_0 = 1{,}3225[\ln Re_0/(1{,}9662 \cdot \ln Re_0 - 3{,}8215)]^{-2}, \tag{32}$$

în care criteriul $Re_0$ este dat de relaţia:

$$Re_0 = W \cdot D/\mu_0. \tag{33}$$

Se menţionează că atît densitatea, cît şi viscozitatea amestecului omogen se calculează ca valori medii volumetrice:

$$\mu_0 = \mu_g \cdot \beta + (1 - \beta) \cdot \mu_l, \tag{34}$$

$$\rho_0 = \rho_g \cdot \beta + (1 - \beta) \cdot \rho_l$$

sau:

$$\rho_0 = 1/v_0. \tag{35}$$

Atunci cînd toţi parametrii ($\mu_g$, $\mu_l$, $\rho_g$, $\rho_l$, $\beta$, $x$) variază în lungul conductei, calculele se efectuează pe zone, iar în relaţiile de mai sus se introduc valorile medii aritmetice între intrarea şi ieşirea din zonă.

*Modelul curgerii separate*

Acest model se caracterizează prin $K < 1$ şi $\varepsilon < \beta$.

Scriind ecuaţiile de conservare a masei şi impulsului pe baza figurii 2 şi exprimînd ecuaţia de bilanţ de forţă în termeni ai căderilor de presiune, se obţine :

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_{ts} = \frac{dF}{A \cdot dL} + \left(\frac{A_g}{A} \cdot \rho_g + \right.$$

$$\left. + \frac{A_l}{A} \cdot \rho_l\right) \cdot g \cdot \sin\theta + \frac{1}{A} \cdot \frac{d(m_l \cdot w_l + m_g \cdot w_g)}{dL}. \quad (36)$$

Avînd în vedere corelaţiile :

$$\varepsilon = A_g/A ;$$

$$(1 - \varepsilon) = A_l/A ;$$

$$m_g = x \cdot W \cdot A ;$$

$$m_l = (1 - x) \cdot W \cdot A ;$$

$$w_g = x \cdot W/\rho_g \cdot \varepsilon ;$$

$$w_l = (1 - x) \cdot W/\rho_l \cdot (1 - \varepsilon)$$

şi variaţia unor parametri în lungul traseului :

$$p_{ts} = f(L) ;$$

$$x = f(L) ;$$

$$v_g = 1/\rho_g = f(p_{ts})$$

$$\varepsilon = f(x, p_{ts}),$$

se obţin următoarele relaţii :

— pentru căderea de presiune hidrostatică :

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_h = g \cdot \sin\theta \cdot (\varepsilon \cdot \rho_g + (1 - \varepsilon) \cdot \rho_l) ; \quad (37)$$

— pentru căderea de presiune dinamică :

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_w = W^2 \cdot \frac{dp}{dL}\left[\frac{x^2}{\rho_g \cdot \varepsilon} + \frac{(1 - x)^2}{\rho_l \cdot (1 - \varepsilon)}\right] =$$

$$= W^2 \cdot A \cdot \frac{dx}{dL} + W^2 \cdot B \cdot \left(\frac{dp}{dL}\right)_{ts} \quad (38)$$

în care constantele $A$ şi $B$ sînt date de relaţiile :

$$A = \frac{2 \cdot x}{\varepsilon} \cdot v_g - \frac{2 \cdot x \cdot (1 - x)}{1 - \varepsilon} \cdot v_l +$$

$$+ \left[\frac{(1 - x)^2}{(1 - \varepsilon)^2} \cdot v_l - \frac{x^2}{\varepsilon^2} \cdot v_g\right] \left(\frac{d\varepsilon}{dx}\right)_p ;$$

$$B = \frac{x^2}{\varepsilon} \cdot \left(\frac{\partial v_g}{\partial p}\right)_x + \left[\frac{(1 - x)^2}{(1 - \varepsilon)^2} \cdot v_l - \right.$$

$$\left. - \frac{x^2}{\varepsilon^2} \cdot v_g\right] \cdot \left(\frac{\delta\varepsilon}{\delta p}\right)_x .$$

Înlocuind în ecuaţia (36), aceasta primeşte următoarea formă :

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_{ts} =$$

$$= \frac{\left(\frac{dp}{dL}\right)_{fs} + g \cdot \sin\theta \cdot [\varepsilon \cdot \rho_g + (1 - \varepsilon) \cdot \rho_l] + W^2 \cdot A \left(\frac{dx}{dL}\right)}{1 + B \cdot W^2}. \quad (39)$$

Ecuaţia (39) poate fi integrată în aceleaşi condiţii ca şi ecuaţia (28) de la curgerea omogenă, cea mai importantă simplificare fiind făcută prin acceptarea termenului $BW^2$ egal cu zero, ceea ce impune efectuarea calculelor pe zone suficient de mici.

Prin integrare în limitele $x_1$ şi $x_2$ pentru fracţia masică de vapori şi lungimea $\Delta L$, pentru căderea de presiune dinamică, se obţine relaţia ($\Delta p_h = 0$, conducta fiind orizontală) :

$$\Delta p_w = W^2 \cdot v_l \cdot \left[\frac{x^2}{\varepsilon}\left(\frac{v_g}{v_l}\right) + \frac{(1 - x)^2}{1 - \varepsilon} - 1\right]\Bigg|_{x_1}^{x_2}. \quad (40)$$

Prin utilizarea volumului specific mediu pe zonă pentru faza lichidă şi introducerea limitelor de integrare se obţine :

$$\Delta p_w = W^2 \cdot v_{l_m} \cdot \left[\left(\frac{x_2^2}{\varepsilon_2} \cdot \frac{v_{g_2}}{v_{l_2}} - \frac{x_1^2 v_{g_1}}{\varepsilon_1 v_{l_1}} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{(1 - x_2)^2}{1 - \varepsilon_2} - \frac{(1 - x_1)^2}{1 - \varepsilon_1}\right)\right]. \quad (41)$$

Pentru calculul căderii de presiune prin frecare pot fi utilizate mai multe metode din care sînt prezentate cîteva mai simplu de utilizat.

Duckler, în scopul obţinerii unei metode mai generale, pornind de la analiza teoretică a pro-

cesului de curgere bifazică [5], [6], a corectat relaţia utilizată pentru modelul curgerii omogene (29) cu un factor de corecţie, dat de relaţia :

$$C = \frac{\rho_s}{\rho_0} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \left( \frac{(\rho_g \cdot \beta^2}{\varepsilon} + \frac{\rho_l \cdot (1 - \beta)^2}{1 - \varepsilon} \right). \tag{42}$$

Criteriul Reynolds se calculează cu relaţia :

$$Re_s = C \cdot Re_0 = C \cdot \frac{W \cdot D}{\mu_0}, \tag{43}$$

iar coeficientul de frecare se obţine cu ecuaţia (32), în care se introduce $Re_s$, care apoi se corectează, pentru curgerea stratificată, cu relaţia :

$$f_s = f_0 \cdot \left( 1 - \frac{\ln(1 - \beta)}{\varphi} \right), \tag{44}$$

parametrul $\varphi$ fiind dat de relaţia :

$$\varphi = 1{,}281 + 0{,}4781 \cdot \ln(1-\beta) + 0{,}444 \cdot [\ln(1-\beta)]^2 +$$

$$+ 0{,}094 \cdot [\ln(1 - \beta)]^3 + 0{,}00843 \cdot [\ln(1-\beta)]^4. \tag{45}$$

Căderea de presiune prin frecare, conform acestui model, se obţine cu relaţia dată mai jos, aplicată în aceleaşi condiţii ca pentru modelul curgerii omogene :

$$\Delta p_{fs} = f_s \cdot C \cdot \frac{W^2}{2 \cdot \rho_0 \cdot D}. \tag{46}$$

O serie de alte metode au la bază principiile introduse de Lockhart-Martinelli [18] sau Martinelli-Nelson [19], diferite prin faptul că primul tip corectează căderile de presiune obţinute, considerînd curgerea unei singure faze prin conductă, în timp ce al doilea tip corectează căderea de presiune calculată, considerînd că întreaga cantitate din conductă este în fază lichidă cu utilizarea proprietăţilor fizice ale acestei faze.

Metoda Lockhart-Martinelli utilizează următorii parametri :

$$\left( \frac{dp}{dL} \right)_{fs} = \Phi_l^2 \cdot \left( \frac{dp}{dL} \right)_{fl} = f_l \cdot \frac{W_l^2}{2 \cdot \rho_l \cdot D} \cdot \Phi_l^2; \tag{47}$$

$$\left( \frac{dp}{dL} \right)_{fs} = \Phi_g^2 \cdot \left( \frac{dp}{dL} \right)_{fg} = f_g \cdot \frac{W_g^2}{2 \cdot \rho_g \cdot D} \cdot \Phi_g^2, \tag{47}$$

în care parametrii $\Phi$ sînt definiţi funcţie de raportul căderilor de presiune a fazelor prin relaţii de tipul :

$$\Phi^2 = f(X), \text{ în care } X = \left( \frac{dp}{dL} \right)_{fl} \Big/ \left( \frac{dp}{dL} \right)_{fg}. \tag{48}$$

Utilizînd ecuaţia lui Fanning pentru căderile de presiune a fazelor şi ecuaţia Blausius pentru coeficientul de frecare, pentru parametrul $X$ se obţine relaţia :

$$X = \left( \frac{1 - x}{x} \right)^{0,88} \cdot \left( \frac{\mu_l}{\mu_g} \right)^{0,125} \cdot \left( \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0,5}. \tag{49}$$

Datele originale ale autorilor permit obţinerea parametrilor $\Phi$ funcţie de $X$, pentru diferite regimuri de curgere ale fazelor ($Re > 2\,000$ — turbulent sau $Re < 2\,000$ — laminar). Pentru regimul turbulent-turbulent se poate utiliza relaţia [6] :

$$\Phi_l^2 = exp[1{,}44065 - 0{,}504451 \cdot \ln X +$$

$$+ 0{,}062116 \cdot (\ln X)^2 - 0{,}00106414 \cdot (\ln X)^3 -$$

$$- 1{,}01295 \cdot 10^{-3} \cdot (\ln X)^4 + 2{,}70689 \cdot 10^{-5} \cdot$$

$$\cdot (\ln X)^5 + 1{,}84885 \cdot 10^{-5} \cdot (\ln X)^6]. \tag{50}$$

Chisholm [8], [1], [17], avînd în vedere metoda Lockhart-Martinelli, pentru calculul parametrilor $\Phi$ utilizează relaţiile :

$$\Phi_l^2 = 1 + C_1/X + 1/X^2 \text{ şi}$$

$$\Phi_g^2 = 1 + C_1 \cdot X + X^2, \tag{51}$$

în care constanta $C_1$ poate fi luată funcţie de domeniul de curgere, lichid-turbulent, vapori-turbulent $C_1 = 20$, laminar-turbulent 12, turbulent-laminar 10 şi laminar-laminar 5, sau poate fi calculată cu relaţia de mai jos, care — pe lîngă alţi parametri — ia în considerare şi influenţa vitezei de masă :

$$C_1 = \left[ 1 + \left( \frac{1\,500}{W} - 1 \right) \cdot \left( 1 - \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0,5} \right] \cdot$$

$$\cdot \left[ \left( \frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^{0,5} + \left( \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0,5} \right], \tag{52}$$

relaţie valabilă pentru curgerea rugoasă la viteze de masă sub 1 500 kg/m²s.

Căderea de presiune prin frecare, pentru ambele variante prezentate anterior, se obține prin integrare :

$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta L}\right)_{fs} = \frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{dp}{dL}\right)_{fs} \Phi_l^2 \cdot dx =$$

$$= f_l \cdot \frac{W^2}{2 \cdot D \cdot \rho_l} \cdot \left[\frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} (1 - x)^2 \cdot \Phi_l^2 \cdot dx\right]. \quad (53)$$

A doua categorie de metode utilizează relația :

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_{fs} = \Phi_{tl}^2 \left(\frac{dp}{dL}\right)_{tl} = f_{tl} \cdot \frac{W^2}{2 \cdot \rho_l \cdot D} \cdot \Phi_{tl}^2, \quad (54)$$

în care $\Phi_{tl}^2$ este coeficientul de corecție a căderii de presiune calculată, considerînd curgerea amestecului sub formă de lichid.

Prin integrare în limitele $x_1$, $x_2$ pentru elementul de lungimea $\Delta L$ se obține :

$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta L}\right)_{fs} = f_{tl} \cdot \frac{W^2}{2 \cdot D \cdot \rho_l} \cdot \left[\frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} \Phi_{tl}^2 \cdot dx\right]. \quad (55)$$

Pentru evaluarea parantezei drepte din ecuația (55), în cazul curgerii amestecului de apă și abur prin conducte, țevile condensatoarelor sau refierbătoarelor, pentru un domeniu larg de presiuni și temperaturi, pot fi utilizate graficele stabilite de Martinelli-Nelson [19], [17], Thom [20], [17] sau Baroczy [21], [17] care au testat o gamă mai largă de fluide, sau relația Smith-Machbeth [22], dată mai jos :

$$\Phi_{tl}^2 = \left\{\left[\left(0{,}4 \cdot (1 - x) + \frac{\rho_l}{\rho_g} \cdot x\right) \cdot (0{,}4 + 0{,}6 \cdot x)\right]^{0{,}5} + 0{,}6x\,(1 - x)\right\}^2. \quad (56)$$

Se remarcă faptul că atît ecuația (53), cît și ecuația (55), care include ecuația (56), sînt dificil de integrat. Din aceste motive se recomandă folosirea lor pe zone, cu utilizarea proprietăților medii ale fazelor și a fracției masice medii $x_m$, ceea ce permite înlocuirea parantezelor drepte din ecuațiile (53) și (55) cu termenii : $(1 - x_m)^2 \cdot \Phi_l^2$, respectiv cu $\Phi_{tl}^2$.

## Aplicație numerică

Într-un rezervor se găsește depozitată gazolină cu compoziția molară dată în tabelul 1, la temperatura de fierbere de 30°C și presiunea absolută de 32,78 bar. Gazolina se transportă printr-o conductă orizontală cu lungimea de 20 km și diametrul interior de 200 mm. Considerînd că gazolina curge izoterm prin conductă, ca urmare a presiunii din rezervor, cu un debit de 57,096 t/h, să se calculeze presiunea și fracțiile masice și volumetrice vaporizate la ieșirea din conductă.

*Tabelul 1*

**Compoziția gazolinei lichide și proprietățile fizice ale componenților**

| Component | Fr. masice, $x(1,i)$ | Densitate lichid, kg/m³ | Viscozitate lichid, kg/ms | Viscozitate vapori, kg/ms |
|---|---|---|---|---|
| $CH_4$ | 0,10 | — | — | $11 \cdot 10^{-6}$ |
| $C_2H_6$ | 0,18 | 310 | $4 \cdot 10^{-5}$ | $9{,}3 \cdot 10^{-6}$ |
| $C_3H_8$ | 0,30 | 490 | $10{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $8{,}1 \cdot 10^{-6}$ |
| $iC_4H_{10}$ | 0,10 | 550 | $15{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $7{,}7 \cdot 10^{-6}$ |
| $nC_4H_{10}$ | 0,081 | 575 | $17{,}0 \cdot 10^{-5}$ | $7{,}55 \cdot 10^{-6}$ |
| $iC_5H_{12}$ | 0,025 | 610 | $21{,}0 \cdot 10^{-5}$ | $7{,}20 \cdot 10^{-6}$ |
| $nC_5H_{12}$ | 0,030 | 640 | $22{,}0 \cdot 10^{-5}$ | $7{,}25 \cdot 10^{-6}$ |
| $nC_6H_{14}$ | 0,084 | 665 | $30{,}0 \cdot 10^{-5}$ | $6{,}95 \cdot 10^{-6}$ |
| $nC_7H_{16}$ | 0,100 | 680 | $37{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $6{,}20 \cdot 10^{-6}$ |

Proprietățile fizice ale componenților [23] se consideră constante în lungul conductei, cu excepția densității vaporilor care se calculează pe baza legii gazelor perfecte.

Calculele au fost efectuate pe zone (cinci zone cu $L_z = 4\,000$ m) pe baza unui program de calcul, care include ca parte importantă calculul echilibrului lichid-vapori, al compoziției și proprietăților fizice medii ale amestecului din cele două faze și al proprietăților fizice medii ale sistemului bifazic conform următoarelor etape.

**1.** Se verifică temperatura de fierbere a amestecului din rezervor în condițiile de depozitare, cu relația $\Sigma x(1, i) \cdot K(i) = 1$, în care constantele de echilibru $K(i)$ au fost stabilite cu ajutorul unor relații [25] și se calculează compoziția vaporilor în echilibru cu lichidul, cu relația $y(1, i) = K(i) \cdot x(1, i)$.

**2.** Se calculează proprietățile amestecului de vapori și de lichid pe baza compozițiilor cunoscute, cu relațiile :

$$M_{v_1} = \Sigma[y(1, i) \cdot M(i)] \text{ și}$$

$$\rho_{v_1} = p_1 \cdot M_{v_1} / R \cdot T ;$$

$$\rho_{l_1} = 1/\Sigma[g(1, i)/\rho\,(1,i)] ;$$

$$\mu_{l_1} = [\Sigma \mu_l(i)^{1/3} \cdot x(1, i)]^3 ;$$

$$\mu_{v_1} = [\Sigma y(1, i) \cdot \sqrt{M(i)} \cdot \mu_v(i)] /$$

$$/[\Sigma y(1, i) \cdot \sqrt{M(i)}],$$

în care $x(1, i)$, $y(1, i)$ reprezintă fracţiile molare ale componenţilor în faza lichidă şi în faza de vapori, iar $g(1, i)$ fracţiile masice în faza lichidă, în condiţiile de intrare în sector (1). Pentru viscozitatea vaporilor, avînd în vedere temperatura şi presiunea redusă care variază în domeniul $T_r = 1{,}19-1{,}15$ şi $P_r = 0{,}7-0{,}6$, s-a utilizat un coeficient de corecţie [24] egal cu 1,08.

**3.** Se presupune presiunea la ieşirea din sector $p_2$ pentru care se recalculează constantele de echilibru şi apoi, prin presupuneri repetate, se calculează raportul lichid/vapori cu relaţia :

$$L = \sum \frac{x(1, i)}{1 + \frac{L_p}{1 - L_p} \cdot K(i)} =$$

$$= \Sigma L(i); \quad V(i) = x(1, i) - L(i)$$

şi apoi compoziţiile molare şi masică, precum şi masele molare medii ale fazelor pentru condiţiile de ieşire (2), [$x(2, i)$, $y(2, i)$, $g(2, i)$, $M_{l2}$, $M_{v2}$].

**4.** Cu relaţiile de la punctul 2 şi compoziţiile de la punctul 3 se calculează proprietăţile fizice ale amestecului de vapori şi de lichid pentru condiţiile de ieşire din zonă ($\rho_{v_2}$, $\rho_{l_2}$, $\mu_{v_2}$, $\mu_{l_2}$).

**5.** Se calculează debitul masic şi volumetric de vapori şi de lichid la ieşirea din zonă şi compoziţia masică şi volumetrică a amestecului lichid-vapori ($N$ — numărul total de moli la intrare) :

$$m_{v_2} = (1 - L) \cdot N \cdot M_{v_2}; \quad m_{l_2} = L.N.M_{l_2};$$

$$V_{v_2} = m_{v_2}/\rho_{v_2}; \quad V_{l_2} = m_{l_2}/\rho_{l_2};$$

$$x_2 = m_{v_2}/(m_{v_2} + m_{l_2}); \quad \beta_2 = V_{v_2}/(V_{v_2} + V_{l_2});$$

$$x_m = 0{,}5 \cdot (x_1 + x_2); \quad \beta_m = 0{,}5 \cdot (\beta_1 + \beta_2),$$

în care, pentru intrarea în primul sector, pentru a evita nedeterminări în relaţiile utilizate s-a acceptat : $x_1 = \beta_1 = 10^{-6}$.

**6.** Se calculează proprietăţile fizice medii ale amestecului :

$$\rho_{lm} = 0{,}5 \cdot (\rho_{l_1} + \rho_{l_2});$$

$$\rho_{vm} = 0{,}5(\rho_{v_1} + \rho_{v_2});$$

$$\mu_{lm} = 0{,}5 \cdot (\mu_{l_1} + \mu_{l_2});$$

$$\mu_{vm} = 0{,}5 \cdot (\mu_{v_1} + \mu_{v_2});$$

$$\rho_0 = \beta_m \cdot \rho_{vm} + (1 - \beta_m) \cdot \rho_{lm};$$

$$\mu_0 = \beta_m \cdot \mu_{vm} + (1 - \beta_m) \cdot \mu_{lm}.$$

**7.** Se calculează căderile de presiune cu una din metodele prezentate şi, apoi, presiunea la ieşirea din sector cu relaţia : $p_{2c} = p_1 - \Delta p_t$, care trebuie să fie aproximativ egală cu valoarea presupusă, în caz contrar se reiau calculele de la etapa 3 cu o altă presupunere dată de relaţia : $p_2 = p_2 + 0{,}95 \cdot (p_{2c} - p_2)$.

**8.** Se trece la următorul sector efectuîndu-se o schimbare de variabile prin atribuirea valorilor de ieşire ca valori de intrare pentru unii parametri.

**9.** După efectuarea calculelor căderilor de presiune printr-o metodă se reiau calculele printr-o altă metodă.

## Analiza rezultatelor

În figura 3 se prezintă variaţia debitului celor două faze în raport cu presiunea din conductă, iar în figurile 4 şi 5 a compoziţiei masice şi volumetrice a sistemului bifazic. Se constată

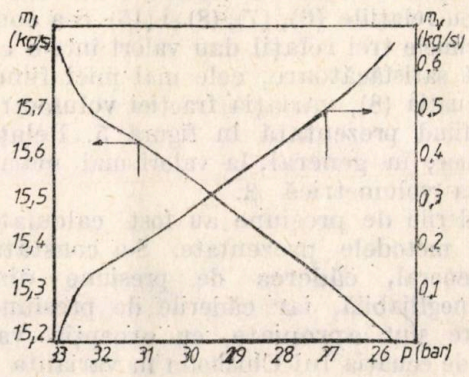



Fig. 3. Influenţa presiunii asupra debitului celor două faze.

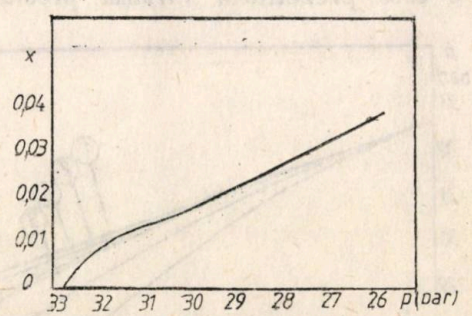



Fig. 4. Influenţa presiunii asupra fracţiei de vapori $x$.

că la presiunea de 26 bar, admisă pentru ieşirea din conductă, în stare de vapori se găsesc 3,88% din amestec care reprezintă 43,49% volum.

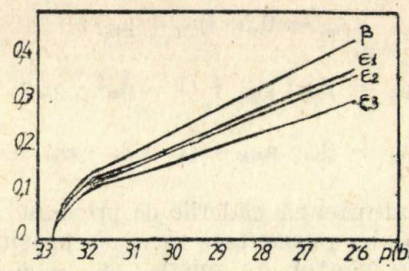



Fig. 5. Influența presiunii asupra fracției volumetrice medii și a fracțiilor volumetrice locale.

Din calculele efectuate se constată că variația proprietăților fizice ale fazelor, ca urmare a variației compoziției acestora, este minoră, cu excepția densității fazei gazoase :

| Proprietăți | La intrare | La ieșire | Δ, % |
|---|---|---|---|
| Densitate lichid | 518,1 | 527 | 1,73 |
| Densitate vapori | 32,8 | 27,69 | 18,50 |
| Viscozitate lichid | $12,45 \cdot 10^{-5}$ | $12,82 \cdot 10^{-5}$ | 2,97 |
| Viscozitate vapori | $9,69 \cdot 10^{-6}$ | $9,56 \cdot 10^{-6}$ | 1,35 |

Proprietățile fizice ale amestecului bifazic variază însă mult, avînd în vedere că acestea sînt dependente de compoziția volumetrică.

Fracțiile volumetrice locale $\varepsilon$ au fost calculate cu relațiile (6), (7), (8) și (15). S-a constatat că primele trei relații dau valori într-o concordanță satisfăcătoare, cele mai mici fiind date de ecuația (8), variația fracției volumetrice locale fiind prezentată în figura 5. Relația (15) conduce, în general, la valori mai mari decît fracția volumetrică $\beta$.

Căderile de presiune au fost calculate prin toate metodele prezentate. S-a constatat că, în general, căderea de presiune dinamică este neglijabilă, iar căderile de presiune prin frecare sînt apropiate, cu excepția valorilor date de ecuația lui Chisholm în varianta acceptării pentru constanta $C_1$ a valorii $C_1 = 20$ specifică curgerii turbulente a fazelor. În figura 6 este prezentată variația presiunii în lungul conductei, obținută prin diversele metode de calcul, iar în cele de mai jos — datele comparative :

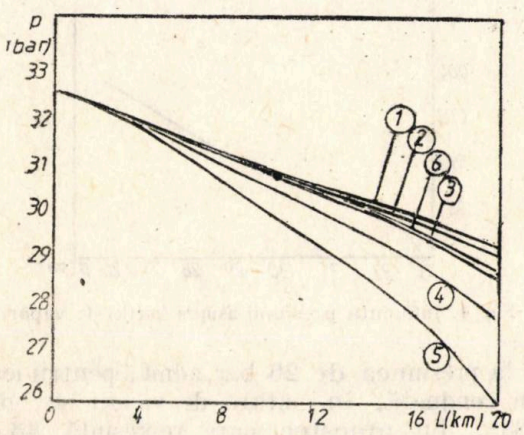



Fig. 6. Variația presiunii în lungul conductei.

| Ecuația utilizată | Curba | $\Delta p_f$, bar | $\Delta p_w$, bar | $p_2$, bar |
|---|---|---|---|---|
| 31 (30) | 1 | 3,420 | $1,478 \cdot 10^{-3}$ | 29,358 |
| 46 (42 – 45) | 2 | 3,901 | $1,340 \cdot 10^{-3}$ | 28,877 |
| 47 (49,50) | 3 | 3,980 | $1,365 \cdot 10^{-3}$ | 28,798 |
| 47 (51,52) | 4 | 4,881 | $1,659 \cdot 10^{-3}$ | 27,896 |
| 47 ($51, C_1 = 20$) | 5 | 6,919 | $2,414 \cdot 10^{-3}$ | 25,858 |
| 54 (56) | 6 | 3,495 | $1,222 \cdot 10^{-3}$ | 29,283 |

**Bibliografie**


[1] Hewitt, G.F., Semeria, R. *Heat Exchanger-Design and Theory Sourcebook.* Edited by Afgan, N.H., E.U. Schundler, McGraw-Hill, 1974.
[2] Beker, O. Oil and Gas Journal, nr. 26, p. 126, 1954.
[3] Beker, O. Oil and Gas Journal, Progress Report, 10, p. 156, 1958.
[4] Duckler, A.E., Wicks, M., Cleveland, R.G. AIChE Journal, 10, p. 44, 1964.
[5] Duckler, A.E. Am. Petrol Inst. Proc., Sept. 1967.
[6] DeGange A. E., Atherton, W. B. Chem. Eng., Mart 23; April 20; May 4; July 13; Aug. 10, 1970.
[7] Smith, S. L. Proc. Inst. Mec. Engng., 36, p. 617, 1969.
[8] Chisholm, D. J. Mech. Engng. Sci., 15, p. 235, 1973.
[9] Armand, A. A. Izvestia Vses. Teplo. Inst., 1, p. 16, 1946 și 4, p. 1, 1947.
[10] Zuber, N. Trans. ASME J. Heat Transfer, 87, p. 453, 1965.
[11] Wallis, G.B. *One Dimensional Two-Phase Flow.* McGraw-Hill, 1969.
[12] Bankoff, S.G. Trans ASME J. Heat Transfer, Series C, 82, p. 265, 1960.
[13] Hughmark, G.A. Chemical Engineering Progress, 58, p. 62, 1962.
[14] Hanna, B.N., Raithby, G.D., Nicoll, B. *Two-Phase Momentum, Heat and Mass Transfer,* McGraw-Hill, 1979.
[15] Kutateladze, S.S., Nakoryakov, Pokusaev, B.G. *Two-Phase Momentum, Heat and Mass Transfer,* p. 47, Edited by Durst, F...., McGraw-Hill, 1979.
[16] Rohsenow, W.M. *Development in Heat Transfer.* M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1964.
[17] Collier, G.J. *Convective Boiling and Condensation,* Mc Graw-Hill, p. 50, 1972.
[18] Lockhart, R.W., Martinelli, R.C. Chem. Eng. Progr., 45, p. 39, 1949.
[19] Martinelli, R.C., Nelson, D.B. Trans. ASME, 70, p. 695, 1948.
[20] Thom, J.R.S. Int. J. Heat Mass Transfer, 7, p. 709, 1964.
[21] Baroczy, G.J. AIChE Journal, 37, August, 1965.
[22] Kakac, S., Bergles, A.E., Mayinger, E. *Heat Exchanger-Thermal Hydraulic Fundamentals and Design.* McGraw-Hill, p. 639, 1981.
[23] Gallant, R.W. *Physical properties of hydrocarbons.* Vol. 1/2, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1968.
[24] Kern, D.Q. *Process Heat Transfer,* McGraw-Hill, 1982.
[25] Crețu, I. *Modelarea numerică a mișcării fluidelor prin medii poroase.* Ed. Tehnică, București, 1980.

# Recenzie

Prof. dr. doc. ing. *Bujor Almăşan*. **Zăcăminte minerale: exploatare-valorificare**. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1989

Anul acesta, a apărut la Editura Tehnică Bucureşti lucrarea prof. dr. doc. ing. *Bujor Almăşan* **Zăcăminte minerale : exploatare-valorificare**, cuprinzînd 303 pagini şi fiind structurată în opt capitole.

Lucrarea cuprinde o tematică largă, de la cercetarea geologică pînă la economia substanţelor minerale utile, permiţînd specialiştilor cărora li se adresează să-şi facă o imagine clară asupra extragerii şi valorificării acestora.

În capitolul I se face un scurt istoric al industriei extractive din România, se prezintă situaţia actuală a producţiei, nivelul tehnic actual al industriei extractive, orientări şi soluţii privind asigurarea materiilor prime minerale.

Capitolele II şi III tratează probleme legate de exploatarea propriu-zisă a substanţelor minerale utile în subteran şi la suprafaţă, cu referiri la metodele de deschidere, lucrările de pregătire, metode de exploatare în subteran şi la suprafaţă, atît pentru cărbune, cît şi pentru minereuri.

Capitolul IV prezintă probleme legate de prepararea substanţelor minerale utile, punînd accent pe fluxurile tehnologice aplicate în România, pentru prepararea minereurilor şi a cărbunilor.

Capitolul V se referă la extracţia metalurgică. Plecînd de la principiile fundamentale ale proceselor aplicate în metalurgia extractivă, se analizează succint procesele pirometalurgice, hidrometalurgice şi tendinţele în industria metalurgică.

Se continuă cu descrierea tehnologiilor metalurgice pentru principalele metale : fier, aluminiu, cupru, zinc.

Capitolul VI intitulat *Exploatarea şi valorificarea zăcămintelor de substanţe minerale solide utile din România* analizează : exploatarea şi valorificarea zăcămintelor de cărbune, antracit, huilă şi a zăcămintelor de şisturi bituminoase ; exploatarea şi valorificarea zăcămintelor de minereuri de fier, mangan, bauxită ; exploatarea şi valorificarea zăcămintelor de minereuri neferoase (complexe şi cuprifere ; exploatarea şi valorificarea zăcămintelor de minereuri radioactive rare şi disperse ; exploatarea şi valorificarea zăcămintelor de minereuri nemetalifere (zăcăminte de sare gemă, săruri de potasiu, sulf, calcar, argilă refractară, roci caolinizate şi mică).

În legătură cu exploatarea zăcămintelor de combustibili minerali, autorul pune în evidenţă principalele probleme legate de valorificarea acestora, făcînd unele aprecieri documentate asupra balanţei şi a resurselor energetice din România, precum şi a problemelor specifice legate de valorificarea cărbunilor superiori şi inferiori din ţara noastră.

Capitolul VII tratează metodele speciale de exploatare în funcţie de natura substanţelor minerale respective. Pentru zăcămintele de sulf se tratează metoda de exploatare prin sonde cu ajutorul procedeului frasch, arătîndu-se principiul de lucru, condiţiile de aplicare şi posibilităţile de extindere a metodei respective.

De asemenea, se descriu exploatarea marină prin leşiere, chimico-nucleară, activitatea bacteriană, metodele de recuperare a metalului în soluţie, evidenţiind tendinţele şi perspectivele în acest domeniu.

Un spaţiu corespunzător se acordă gazificării subterane a cărbunilor, prezentînd metodele respective.

În încheierea capitolului se tratează exploatarea zăcămintelor sub construcţii şi cursuri de ape, precum şi exploatarea petrolului prin metode miniere.

Capitolul VIII prezintă probleme legate de economia minerală mondială şi de marketing. Folosind ultimele date publicate, autorul prezintă, la zi, consumul şi producţia minerală mondială, repartiţia geografică a producţiei minerale, unele probleme legate de comerţul mondial de substanţe minerale utile şi tendinţele actuale în consumul şi aprovizionarea cu energie. După expunerea problemelor legate de conjunctura pe plan mondial se prezintă resursele minerale utile miniere pe plan mondial, perspectivele de valorificare şi asigurarea cu substanţe minerale utile.

Expunerea clară şi materialul grafic ce însoţeşte textul permit o abordare uşoară, din partea specialiştilor, a problemelor esenţiale din diferite domenii : cercetare geologică, exploatare, preparare etc., creînd, totodată, posibilitatea aprofundării problemelor prezentate.

Lucrarea permite, în acelaşi timp, examinarea problemelor de ordin tehnic, conjugate strîns cu cele economice, respectiv de economie minerală, atît pe plan naţional, cît şi pe plan mondial.

**Prof. univ. Aron Popa**

# Din istoria petrolului românesc

**Scurt istoric al forajului petrolier românesc**

Pînă la Unirea Principatelor Române exploatarea petrolului românesc nu a depăşit stadiul puţurilor petroliere. Domnitorul Al. I. Cuza a arătat un interes deosebit pentru promovarea industriei, înţelegînd şi însemnătatea ramurii petrolului în cadrul acesteia. „Avuţia în petroleu a României — nota francezul R. Francault — este incalculabilă" şi tot el aprecia că, dacă exploatarea petrolului s-ar proporţiona tehnic cu potenţialul zăcămintelor, Principatele Române ar acoperi singure necesarul de produse petroliere al întregii Europe. Aşadar, ceea ce lipsea era o tehnică adecvată, respectiv forajul propriu-zis.

Prima menţiune despre intenţia de a fora în România datează din 1860, cînd Grigore Cantacuzino îşi propunea să utilizeze „instrumentul sonde" (cf. Arhivele Statului, Bucureşti, Ac. noi, CCC/110, la Constantin M. Boncu, *Contribuţii la istoria petrolului românesc*. Ed. Acad. R.S.R. Bucureşti, 1971, p. 162). Nu se mai ştie însă dacă şi-a tradus planul în realitate. Nici întreprinzătorul francez Olivier de Lalande, care a obţinut pe baza rezoluţiei domnitorului Al. I. Cuza şi cu aprobarea Consiliului de Miniştri dreptul de a exploata petrol pe moşia Ocna (jud. Bacău), începînd lucrările de la 1 septembrie 1864, nu a folosit pînă la urmă sondajul mecanic, după cum nici urmaşul său, Gabriel Solovy, deşi adusese în portul Galaţi personal şi materiale. Totuşi, anul 1864 rămîne anul primelor sondaje în România, anume la Ţintea, Beci şi Moreni, efectuate cu prima societate cu capital străin din Muntenia, „Valachia Petroleum Company", înfiinţată în acelaşi an şi condusă de Jackson Braun, fost director al Băncii Otomane din Ţara Românească (cf. M. Pizanty, *Industria petrolului în România*, Bucureşti, 1909, p. 69; *Istoria României*, vol. IV, Bucureşti, 1964, p. 196, la: C. M. Boncu, o.c., p. 163). În anii 1868—1869, sondajele au fost continuate de acelaşi bancher, care a lichidat societatea „V.P.C.", înfiinţînd o alta, denumită „Jackson Braun et Co.", cu considerabilul capital de 7 000 000 lei, care a cumpărat terenuri petrolifere foarte bogate la Băicoi, Ţintea, Doftana, Scorţeni, Buştenari etc. În anul 1879 s-au instalat trei sonde de tip pensilvan la Sărata, de către întreprinzătorul român Grigore Monteoru. În acelaşi an „Compania Suchard" din Viena a săpat 5 sonde la Moreni şi Colibaşi, atingînd adîncimea de 260 m, fără rezultat. Sondaje a efectuat în anul 1880 şi firma engleză „Thois Comp."

la Doftăneț, încetînd după ruperea unei coloane în puț, iar societatea „Hildenbrand" a săpat șapte sonde la Poșești și Matița. Mai multe sonde au fost săpate în anul 1883 prin colaborare româno-americană la Drăgăneasa, lîngă Cîmpina (din partea română a fost moșierul Gh. Cantacuzino). Între anii 1884—1892 s-au remarcat sondajele efectuate de moșierii români la Șotrile, Glodeanu, Cîmpina, Berca, Poiana Vărbilău, Hîrja și Grozești. În Moldova s-au obținut rezultate cu forajul mecanic doar la Solonț și Moinești, în jurul anului 1890, prin activitatea „Societății de petrol din București" (devenită în 1895 „Steaua Română"). Sfîrșitul secolului al XIX-lea găsește în funcțiune în România 1 215 puțuri productive și 71 de sonde. Adîncimea maximă atinsă a fost, după datele de care dispunem, de 640m (la Băicoi). Unele sonde erau foarte productive: de pildă, sonda nr. 3 din Țintea a produs 2 luni cîte 9 110 litri de țiței în 24 de ore, iar sonda „Sospiro" din Drăgăneasa a făcut erupție, o uriașă cantitate de petrol fiind pierdută (cf. Constantin M. Boncu, o.c., p. 163—169).

După Legea Minelor din 1895, care acorda garanții mai mari întreprinzătorilor din ramura petrolului, forajul și producția au luat avînt (vezi cu privire la legislație: Al. Georgiade, *La législation minière*, în „Annales des Mines de Roumanie", anul 4, nr. 8—9, 1921, p. 931 sq.; I. Bașgan, *Principiile politicii economice în legislația petrolieră din România*, București, Imprimeria C.F.R., 1943, p. 3; M. Pizanty, *Aria exploatării petroliere în România*, București, Tiparul Cartea Românească, 1938, p. 11). De pildă, numai societatea „Steaua Română" a săpat într-un singur șantier, la Bușteni, între anii 1898—1914, nu mai puțin de 80 de sonde, mai multe decît erau în funcțiune pînă atunci în toată România. Nu e de mirare că între anii 1900—1913 producția de țiței a României a sporit de aproape opt ori, ajungînd la 1 847 875 t la finele acestei perioade (N. N. Constantinescu, *Criza economică din România în anii 1907—1908*, în *Studii privind istoria economică a României*, vol. I, Editura Academiei R.P.R. București, p. 37; „Monitorul Oficial", partea a III-a, Dezbateri parlamentare, nr. 36 din 28 mai 1929, p. 1261; *Raport și proiect de lege pentru modificarea Legii Minelor din 4 iulie 1924*, citit de senatorul C. R. Mircea).

Primul război mondial a adus o grea lovitură sondajului. În anul 1916 au fost înfundate 1 500 de sonde și incendiate instalațiile de suprafață la 1 000 de sonde și puțuri, pentru a nu cădea în mîinile cotropitorilor. (Gh. Constantinescu și I. Prodrom, *Industria de petrol în România pînă la primul război mondial*, în „Petrol și Gaze", nr. 9—10, 1957, p. 460). Menționăm că o mare parte din efortul investit pînă atunci pentru dezvoltarea sondajului s-a spulberat în împrejurările vitrege amintite.

După război, a urmat o perioadă de refacere (1919—1924) și una de avînt (1924—1927). O explicație a sporirii producției se află și în creșterea preocupării pentru îmbunătățirea tehnicii de foraj-extracție, în care scop s-a ținut, la București, *Primul congres internațional de foraje* (1925). În afară de forajul percutant uscat (canadian și pensilvan) se folosește forajul hidraulic percutant de tip „Alianța", „Raky" etc. Nivelul activității de prospectare și de explorare era însă mai scăzut. Pînă în anul 1927 prospecțiunile se efectuau prin carotajul mecanic, după o metodă greoaie. Explorările, e drept, au atins după anul 1923 media generală de 12% din totalul lucrărilor de foraj, ceea ce reprezenta o dublare a mediei din anii 1918—1923, însă cîmpul de manifestare rămînea potențial mult mai larg. (Revista „*Petrol*", nr. 37 din 1929; Dan Ionescu și I. Ivănescu, *Evoluția industriei de petrol din România după primul război mondial și pînă astăzi*, în „Petrol și Gaze", nr. 9—10, 1957, p. 470; Gh. Ravaș, *Din istoria petrolului românesc*, ESPLA, București, p. 119).

„Războiul petrolului" pe plan internațional și „criza prețurilor petrolului" din anii 1927—1928 au impus, pentru menținerea competitivității, accentuarea modernizării forajului, în vederea scăderii prețului de cost. În anul 1927 s-a introdus la noi carotajul electric de tip Schlumberger, iar în anul 1928 sistemul de foraj hidraulic cu masă rotativă, mult mai productiv decît sistemul de foraj percutant, uscat sau hidraulic. Numeroase invenții ale specialiștilor români au dovedit puterea creatoare a corpului tehnic de petroliști români. Oferim cîteva exemple: ing. Victor Viel a brevetat o nouă sapă de foraj; Th. Hillmer (București) a conceput o „lingură-pompă pentru lăcărit sondelor, combinată cu piston"; ing. G. P. Lehman (Ploiești) a inventat un sistem de „transmisie hidraulică pentru troliu de foraj Rotary"; V. Tacit și Triandafil (de la „Creditul Minier") au brevetat un „Ventil, cu comandă hidraulică sau pneumatică, sistem Tacit, pentru închiderea ermetică a sondelor eruptive"; ing. E. Maerky (director tehnic al Atelierelor Concordia—Ploiești) a brevetat, la sfîrșitul anului 1927, trei dispozitive pentru fabricarea tuburilor de sondaj prin sudură electrică; la societatea „Astra Română" s-au aplicat brevetele „Dispozitiv carotier pentru extras probe de teren de la adîncimi mari" și „Dispozitiv pentru împiedicarea depunerii de parafină pe pereții coloanei de exploatare, prin încălzirea coloanei de producție pe toată lungimea ei", care au permis înmulțirea sondelor pentru extragerea țițeiului parafinos din Meotic. Eficiența pe metru forat a sporit de la 12,2 t în anul 1926, la 17,3 t în anul 1928. Efortul de înnoire tehnică a fost continuat și în perioada 1929—1933, cînd erupția liberă a fost înlocuită cu erupția naturală captată, lăcăritul cu gas-liftul etc. (Cf. „*Moniteur du Pétrole Roumain*", anul 28, nr. 2, 1928, p. 111; nr. 6, 1928, p. 477—482; nr. 19, 1928, p. 1789; anul 29, nr. 1, 1929, p. 27—31; anul 28, nr. 7, 1928, p. 578; nr. 16, 1928, p. 1503; nr. 14, 1928, p. 1307—1311; nr. 5, 1928, p. 450; Dan Ionescu și I. Ivănescu, o.c., p. 470—471; Gh. M. Dobrovici, *Istoricul dezvoltării economice și financiare a României și împrumuturile contractate. 1823—1933*, Tipografia Universul, București, 1934, p. 645).

În perioada 1934—1944 nu se semnalează transformări deosebite în foraj, în afara extinderii metodei „gas-liftului" și atingerea adîncimii de 3 000 m la foraj (cf. „*Annales des Mines de Roumanie*", nr. 1, 1938, p. 25; nr. 9, 1940, p. 309; Gh. Popescu, *Țintea*, monografie, Tipografia de Artă D. Miricescu, Ploiești, 1940, p. 19—20). Recordul de adîncime a fost atins, se apreciază, la sonda 201 Concordia din șantierul Lilieșți, cu 3 338 m. De altfel, din cele 11 sonde care depășeau în anul 1940 adîncimea de 3 000 m, nouă erau la Țintea și două în șantierul învecinat, Lilieșți. În al doilea război mondial activitatea de foraj a scăzut cu peste 50%, de la 344 000 m în anul 1942, la 147 000 m, în anul 1944 (Gh. Ravaș, o.c., p. 289).

Rezumînd, vom reține următoarele aspecte mai importante.

a) Data de început a forajului petrolier în România este anul 1864. Așadar, el are o vechime de 125 ani, fiind printre cele mai vechi din lume. Primele sondaje au fost la Țintea, Becî și Moreni.

b) Perioada anilor 1895—1914 a fost etapa de trecere de la mica producție prin sondaj la marea producție prin sondaj.

c) Perioada anilor 1927—1928 și în continuare pînă în anul 1933 a fost etapa modernizării puternice a metodelor și tehnicii de foraj, în mare parte prin aportul gîndirii tehnice originale a specialiștilor români din ramura petrolului. Forajul românesc a ajuns la nivel mondial și poate, în unele momente, prin aplicarea multiplelor invenții românești, l-a și depășit.

**A. Moisin**

# Index


**I. Editoriale**

* * * *Cinstire muncii*, nr. 8, p. 353.

Fodor, D. *Cuvîntare la Sesiunea de comunicări științifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a Institutului de Mine Petroșani*, nr. 1, p. 5.

Săndulescu, D. *Cuvîntare la Sesiunea de comunicări științifice organizată cu prilejul împlinirii a 40 de ani de activitate a Institutului de Petrol și Gaze Ploiești*, nr. 1, p. 9.

**II. Geologie, prospecțiuni și exploatări**

Almășan, B., Mărunțeanu, C., Rusu Elena *Model geotehnic al subsidenței miniere din zona Vermești — sud (bazinul Comănești)*, nr. 10, p. 465.

Bucur, N. *Zeoliții naturali și implicațiile lor în biologie*, nr. 3, p. 131.

Damian, Gh. Șt., Pop. N., Pop, V. *Particularitățile mineralogice și chimice ale filonului Mihai — Ilba și implicațiile acestora în probarea tehnologică*, nr. 2, p. 77.

Drăgilă Marioara, Dumitrescu, N. *Asupra prezenței fluorinei în Munții Highiș*, nr. 1, p. 32.

Drăgilă Marioara *Observații mineralogice privind aurul nativ din Munții Highiș*, nr. 4, p. 181.

Frunzescu, D. *Studiul condițiilor de sedimentare ale orizontului inferior al gresiei de Kliwa din Oligocenul Pintenului de Văleni*, nr. 6, p. 288.

Frunzescu, D., Pârcălăbescu, I.D., Georgescu, O., Nistor, I. *Asupra compoziției chimico-mineralogice a cineritelor din orizontul Podu Morii și Kliwa superior ale Pintenului de Văleni și unele supoziții de geneză*, nr. 9, p. 453.

Frunzescu, D., Pârcălăbescu, I.D., Nistor I., Georgescu, O. *Considerații genetice asupra calcarelor de Jaslo*, nr. 10, p. 487.

Pârcălăbescu, I. D., Nistor, I. *Asupra compoziției chimico-mineralogice a mediului solid din structura Mitrofani*, nr. 1, p. 42.

Pârcălăbescu, I.D., Frunzescu, D., Nistor I., Georgescu, O. *Asupra compoziției chimico-mineralogice a cineritelor din orizontul disodilelor inferioare și orizontul Kliwa inferior al pintenului de Văleni și unele supoziții de geneză*, nr. 8, p. 403.

**III. Fizica zăcămintelor**

Antonescu, L., Manea Floarea *Modificări chimico-structurale ale mineralelor argiloase sub influența unor parametri tehnologici*, nr. 2, p. 97.

Comșa, V., Mehaysen Ahmed Mehasneh *Aportul dilatării mediilor solid și lichid la recuperarea țițeiului în procesele termice*, nr. 12, p. 585.

Cremenescu, G. *Procedură de identificare parametrică „on-line" a procesului de dislocare*, nr. 5, p. 232.

Crețu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *Evoluția debitului de injecție a apei la diferență de presiune constantă, într-un panou în cinci puncte*, nr. 7, p. 338.

Crețu, I., Mehrdad Vahedi *Cercetări teoretice și experimentale privind drenajul gravitațional al petrolului*, nr. 8, p. 376.

Crețu, I., Massoud Naghzgooye Kohan *Recuperarea petrolului din zăcămînt prin injecție de apă la diferență de presiune constantă*, nr. 9, p. 436.

Manolescu, G. *Asupra instabilității meniscurilor dintre două faze imiscibile în decursul punerii în zăcămînt a hidrocarburilor*, nr. 8, p. 397.

Pârcălăbescu, I.D., Manea Floarea, Brebeanu, Gh., Nistor, I. *Contribuție la cunoașterea compoziției chimice a fluidelor din zăcămîntul dogger al structurii Mitrofani*, nr. 3, p. 134.

Pârcălăbescu, I. D., Besnea, D. *Modificări structurale ale țițeiurilor în procesele de exploatare*, nr. 4, p. 191.

Pârcălăbescu, I.D., Brebeanu, Gh. *Asupra compoziției chimice a hidrocarburilor lichide din zăcămintele albian — Lebăda și dogger — Mitrofani*, nr. 5, p. 236.

**IV. Forajul sondelor**

Cristescu, M., Ioniță Alexandra, Rusu, V. *Proiectarea și executarea operațiilor de stimulare cu grad sporit de dificultate*, nr. 10, p. 492.

Rădulescu, V. *Intervenția sub presiune la sondele în erupție naturală* (I), nr. 6, p. 283.

Rădulescu, V. *Intervenția sub presiune la sondele în erupție naturală* (II), nr. 7, p. 343.

Șerban, C. *Troliu de intervenție pentru sonde de mică adîncime, montat pe tractor șenilat, avînd sarcina în cablu la tobă de 3 tf*, nr. 10, p. 500.

Ulmanu, V., Zecheru, Gh., Drăghici, Gh., Marcu, M., Ispas, V. *Cercetări privind construcția, fabricația și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu* (I), nr. 5, p. 224.

Ulmanu, V., Zecheru, Gh., Drăghici, Gh., Marcu, M., Minescu, M., Ispas, V. *Cercetări privind construcția, fabricația și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu* (II), nr. 6. p. 273.

Ulmanu, V., Zecheru, Gh., Drăghici, Gh., Marcu, M., Minescu, M., Ispas, V. *Cercetări privind construcția, fabricația și utilizarea prăjinilor de foraj din aliaje de aluminiu* (III), nr. 7, p. 323.

**V. Exploatarea substanțelor minerale utile**

Chisăliță, I., Andreșan Mona *Procesul de modernizare în proiectarea și realizarea turnurilor pentru săparea puțurilor miniere*, nr. 2, p. 61.

Daday, Z., Rădulescu Elena, Nemeș, F. *Grinzi drepte continue cu reazeme de nivel în contact cu tavane orizontale de excavații miniere*, nr. 7, p. 321.

Dănescu, I., Rus, V. *Considerații tehnice asupra pierderilor și diluției minereului la metoda de exploatare cu surpare în subetaje*, nr. 5, p. 209.

Fodor, D. *Îmbunătățirea stabilității haldelor prin scarificarea rocilor din fundament*, nr. 3, p. 121.

Fotă, D. *Considerații asupra factorilor care influențează stabilitatea fronturilor de abataj din minele de lignit din bazinul Motru — Rovinari*, nr. 12, p. 571.

Leț u, N., Semen, C., Onica, I. *Cercetări privind stabilitatea galeriilor de subetaj și a intersecțiilor în mina Fagu Cetății, în vederea alegerii celui mai adecvat tip de susținere*, nr. 6, p. 250.

Medveș, E., Fotă, D., Cristescu, N., Tigoiu, S. *Mărirea gradului de adaptabilitate dinamică a susținerii miniere mecanizate utilizate în minele de cărbuni*, nr. 4, p. 158.

Medveș, E., Nicolescu, C. *Considerații privind interacțiunea dintre rocile din vatra abatajului și talpa susținerilor mecanizate în condițiile minelor de lignit*, nr. 5, p. 201.

Muste, I. *Instalație de perforat găuri verticale și în evantai*, nr. 9, p. 422.

Petrescu, Gh., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studiul susținerii de formă hexagonală pentru exploatările miniere*, nr. 5, p. 217.

**VI. Probleme de transport**

Dorobanțu, N. *Variantă optimă de consolidare a conductei pentru transport țiței fără întreruperea pompării*, nr. 11, p. 545.

Elekeș, Fr., Marian, N., Stanciu, Al., Liciu Marieta, Fodor Karina *Posibilitatea utilizării vagonetelor de capacitate mărită la transportul pe galerii magistrale în minele din bazinul carbonifer Valea Jiului*, nr. 3, p. 111.

Somoghi, V. *Metodă și relații pentru calculul căderilor de presiune la curgerea sistemelor bifazice, vapori-lichid, prin conducte orizontale*, nr. 12, p. 593.

**VII. Prepararea substanțelor minerale utile**

Ciroiu, L. *Studiu privind repartizarea granulometrică a particulelor și a conținutului de substanță utilă dintr-un circuit de măcinare a minereului în două trepte*, nr. 2, p. 71.

Kheil, O. *Despre unele tehnologii noi de valorificare a aurului din minereuri cu conținut redus*, nr. 7, p. 309.
Kheil, O. *Considerații privind mecanismul de reglare a amalgamării aurului liber*, nr. 10, p. 482.
Vișan Sanda, Socolescu Ana-Maria, Vișan, T., Botez Ligia *Recuperarea electrochimică a aurului din pirite arsenioase*, nr. 3, p. 127.

**VII. Mecanizare și automatizare**

Cremenescu, G. *Simularea pe calculator a optimizării regimului mecanic de foraj*, nr. 4, p. 186.
Cristescu, C. *Metodologie de verificare a stabilității cilindrilor hidraulici telescopici prin utilizarea calculatorului electronic*, nr. 11, p. 551.
Enache, C. *Folosirea filtrelor înclinate vacuumate la săparea lucrărilor miniere de deschidere și pregătire în stratele de lignit cu nisip acvifer în acoperișul direct*, nr. 2, p. 74.
Iliaș, N., Zamfir, V., Rusz Sorina *Sisteme de avans pentru combine miniere*, nr. 12, p. 564.
Mihai, D., Degeratu, P., Dinulescu, I. *Determinarea legilor de variație pentru vitezele de bază ale mecanismelor excavatoarelor cu rotor funcționînd cu debit constant*, nr. 9, p. 413.
Mihai, D., Dinulescu, I., Manolea, Gh., Vîlculescu, I. *Cinematica sistemelor de acționare electrică reglabilă de la excavatoarele cu roată cu cupe funcționînd cu debit constant*, nr. 10, p. 476.
Minarj, V., Godek, G., Smerda, F. *O nouă soluție constructivă a principalelor subansamble ale instalației cu plug PL-81*, nr. 1, p. 12.
Muste, I. *Foreză rotativă pentru forarea de găuri orizontale și de mică înclinare*, nr. 8, p. 373.
Pascu, D., Makkai, I. *Despre perfecționarea sistemelor de amenajare-echipare a puțurilor de mină*, nr. 1, p. 15.
Pavel, A., Kulin, M. *Tensometria electrorezistivă a stării de tensiuni mecanice în teurile de mari dimensiuni presurizate hidraulic la interior*, nr. 1, p. 39.
Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studiu privind eforturile secționale la inelul de bolțari cînd se ține seama și de grosimea radială a zidăriei*, nr. 9, p. 419.
Petrescu, G., Ilincioiu, D., Păsărin, C. *Studiu privind stabilitatea funcțională și capacitatea portantă a susținerilor inelare din bolțari*, nr. 11, p. 522.
Pleșea, V., Almășan, Șt. *Tehnologie și utilaje pentru susținerea cu panouri prefabricate din beton armat a puțurilor săpate prin forare*, nr. 6, p. 259.
Stăicuș, I., Terheci, E. *Tehnologie de haldare cu mașina de haldat cu braț de 170 m cuplat cu un excavator cu rotor*, nr. 8, p. 368.
Szabo, C., Cocheci, O. *Modernizarea instalațiilor de comandă electrică a mașinilor de zețaj din preparațiile de cărbuni*, nr. 3, p. 125.
Țiplea, V. *Linie tehnologică flexibilă pentru recondiționarea pieselor de schimb ale utilajului minier*, nr. 4, p. 168.
Țiplea, V. *Contribuții la mecanizarea lucrărilor de perforare în abatajele minelor din cadrul Centralei Minereurilor Baia Mare*, nr. 9, p. 425.
Zamfir, V., Iliaș, N., Andraș, I. *Dispozitiv pentru măsurarea forței din ramurile lanțurilor de tractare (DMFL)* nr. 1, p. 12.
Zamfir, V., Iliaș, N., Andraș, I. *Analiza și sinteza pozițională a mecanismului de echidistanțare la o susținere de mare înălțime*, nr. 2, p. 58.

**IX. Probleme de tehnica securității și protecția muncii**

Belenyeși, Șt. *Tehnologie de perforare-împușcare la metoda de exploatare cu surpare în subetaje*, nr. 9, p. 433.
Constantinescu, I., Darabont, Al., Ciodaru, M. *Posibilități de aplicare a controlului stării prin vibrații a mașinilor și instalațiilor din industria minieră*, nr. 6, p. 264.
Constantinescu, I. *Șocuri și vibrații în cazul mașinilor și instalațiilor miniere*, nr. 11, p. 526.
Cornea, Z. *Coeficientul aerodinamic unitar al coloanelor metalice de aeraj*, nr. 2, p. 67.
Cornea, Z. *Mărimea încărcăturilor explozive de fund a găurilor de lărgire și profil*, nr. 9, p. 427.
Găman, M., Pafnote Maria, Bitir, P., Roman, R. *Selecția, antrenarea și intervenția salvatorilor minieri pentru lucru în condiții de temperatură și umiditate ridicate*, nr. 4, p. 175.
Pavel, A. *O formă generală a unui criteriu de securitate tehnic*, nr. 2, p. 82.
Pavel, A. *Condiția generală de securitate tehnică privind structurile și componentele recipientelor tehnologice*, nr. 6, p. 269.
Pavel, A. *Fundamentele protecției antiexplozive și zonarea mediilor cu pericol de explozie (I)*, nr. 7, p. 333.
Pavel, A. *Fundamentele protecției antiexplozive și zonarea mediilor cu pericol de explozie (II)*, nr. 8, p. 385.
Pavel, A. *Fundamentele protecției antiexplozive și zonarea mediilor cu pericol de explozie (III)*, nr. 9, p. 442.
Pavel, A. *Unele probleme privind securitatea tehnică a recipientelor-butelii industriale pentru gaze comprimate*, nr. 11, p. 534.

**X. Conducerea și organizarea activității în industria extractivă**

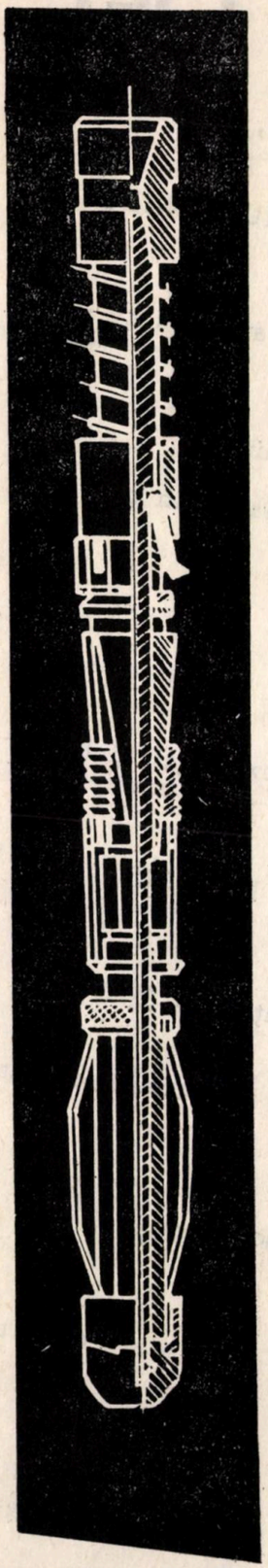
Boia, C. *Factorii de influență în procesul de ardere a substanțelor solide combustibile*, nr. 11, p. 529.
Borcean, Gh., Petrescu, O. *Noi direcții de acțiune pentru modernizarea dotării tehnice existente, îmbunătățirea tehnologiilor de lucru și proiectarea de noi utilaje destinate carierelor de lignit de mare capacitate din România*, nr. 11, p. 513.
Chisăliță, I. *Necesitatea și importanța elaborării de standarde de stat pentru proiectarea și execuția turnurilor de extracție minieră*, nr. 4, p. 170.
Cristescu, M., Iancu, D. Variante de calcul al diagramelor teoretice etalon și posibilități de interpretare a diagramelor reale de dinamometrie, nr. 11, p. 551.
Dărvăreanu, Șt., Teodorescu, Șt. Amestecătoare laterale pentru rezervoare realizate în România, nr. 12, p. 591.
Dobrinescu, D. Optimizarea unui sistem de schimb de căldură multiflux, nr. 2, p. 88.
Dobrinescu, D. Construcția, dimensionarea și performanțele schimbătoarelor de căldură cu plăci, nr. 3, p. 142.
Fodor, D., Georgescu, M. Influența industriei miniere asupra mediului înconjurător și redarea în circuitul economic a terenurilor degradate, (I), nr. 7, p. 301.
Fodor, D., Georgescu, M. Influența industriei miniere asupra mediului înconjurător și redarea în circuitul economic a terenurilor degradate, nr. 8, p. 354.
Ionescu, N. M., Vasiliu, V. E., Popa, V. Metodă și algoritm de calcul pentru livrarea unei producții miniere de calitate impusă, nr. 4, p. 184.
Nicolae, V. Calculul dimensiunilor optim economice ale aparatelor de înaltă presiune cu mantaua realizată din structuri multiple, nr. 10, p. 496.
Preda, I., Țilimpea, S., Pană, S. Cercetări teoretice și experimentale privind stabilirea presiunii optime pentru mandrinarea hidraulică a țevilor în plăci tubulare, nr. 11, p. 558.
Simion-Constantinescu, Fl. Noutăți referitoare la procesul de tratare a apei de mare în vederea injecției acesteia în zăcămînt, nr. 5, p. 240.
Todros, C. Eficiența în activitatea geologică, nr. 2, p. 102.

**XI. Informații, recenzii, știri din industria extractivă**

* * * *Consfătuire cu cadrele tehnico-inginerești și cu bibliotecarii din unitățile miniere și de preparare a minereurilor*, nr. 5, p. 243.
Moisin, A. *Începuturile exploatărilor petroliere Băicoi, Țintea și Liliești — Dîmbu*, nr. 1, p. 50.
Moisin, A. *Producția de țiței de la începuturi pînă în anul 1914 în zona Băicoi — Țintea*, nr. 6, p. 296.
Moisin, A. *Scurt istoric al forajului petrolier românesc*, nr. 12, p. 603.
Popa, A. *Almășan, B. Zăcăminte minerale; exploatare-valorificare*, nr. 12, p. 605.
* * * *40 de ani de activitate în domeniul securității muncii*, nr. 8, p. 408.

MINISTERUL PETROLULUI

# IRMGIP



ÎNTREPRINDEREA DE REPARAT MOTOARE GRELE ȘI INSTALAȚII PETROLIERE POIANA CÎMPINA

A INTRODUS ÎN FABRICAȚIE:

Cuțitul pentru tălat material tubular din interior de 6 5/8 in.

CUȚITUL ESTE DESTINAT RECUPERĂRII BURLANELOR DE TUBAJ DIN SONDE.

POIANA CÎMPINA
Jud. Prahova, telefon 34550,
telex 19627

MINISTERUL MINELOR
CENTRALA SARII SI NEMETALIFERELOR BUCURESTI

# SALINA OCNA DEJ

Jud. CLUJ, str. Salinei nr. 6, cod 4651, tel. 13206, 12173

EXECUTA INSTALATII DE PERFORARE PENTRU MINELE DE SARE TIP RADA DEJ I - II - III

- puterea instalată, 7,5 kW;
- puterea absorbită: pentru rotire 3 kW, pentru avans 1 kW;
- tensiunea de alimentare, 380 V, 50 Hz;
- tensiunea de comandă, 24 V c. a.;
- viteza de perforare, 0 - 3,5 m/min;
- viteza de retragere a burghiului, 18 - 33 m/min;
- se poate perfora în orice direcţie;
- dimensiunile frontului de lucru ce se perforează din trei poziţii:
  - lăţime, 3000 mm - nelimitat;
  - înălţime, 2500 mm - 12000 mm;
- capacitatea de lucru, 4000 t sare/zi.

Instalaţiile sînt omologate şi folosite la toate minele de sare din ţară.

Machetele funcţionale au fost prezentate la expoziţii şi tîrguri din ţară şi străinătate.

LIVREAZA BENEFICIARILOR INTERNI SI EXTERNI:

- SARE BULGARI, 3 - 50 kg; 0 - 50 kg;
- SARE IN VRAC (industrială), cu granulaţie 0 - 2; 0 - 10; 2 - 15 mm;
- SARE AMBALATA în saci (de hîrtie şi polietilenă) de cîte 50 kg;
- SARE MARUNTA, 0 - 2 mm, 99% NaCl;
- SARE MARUNTA IODATA, 0 - 2 mm, 99% NaCl;
- SARE FINA, 0,1 - 1 mm, 99,2% NaCl;
- SARE AMBALATA în pungi de polietilenă iodată de cîte 1 kg.

# INTREPRINDEREA CAROTAJ SI PERFORARE Ploieşti

PLOIESTI, str. Clopoţei nr. 2A, tel. 45421, 11774, 23440, 21842
telex: 207

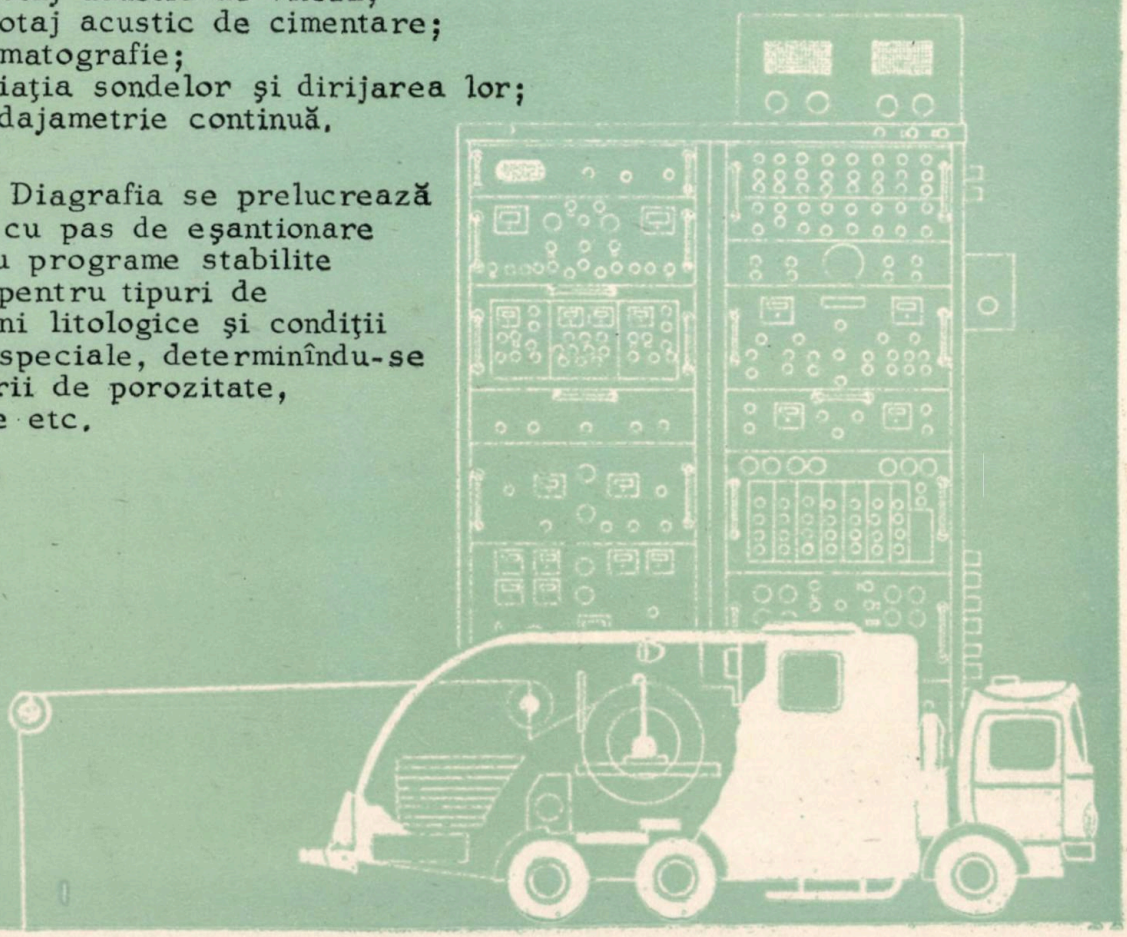
EXECUTA:

O gamă complexă de investigări geofizice de sondă pentru toate tipurile de sondă-referinţă, la presiuni şi temperaturi ridicate (1400 bar şi 175°C), precum şi prelucrarea cantitativă a diagrafici la sistemul de calcul propriu pentru toate tipurile de formaţiuni.

Intreprinderea poate executa operaţiuni de investigare moderne, cum sînt:

- carotaj electric special;
- carotaj electric standard;
- microcarotaj;
- microlaterolog cuplat cu cavernometrie;
- cavernometrie;
- carotaj inductiv dual;
- dual laterolog;
- carotaj neutronic compensat;
- carotaj compensat de densitate;
- carotaj acustic de viteză;
- carotaj acustic de cimentare;
- cromatografie;
- deviaţia sondelor şi dirijarea lor;
- pandajametrie continuă.

Diagrafia se prelucrează automat cu pas de eşantionare 0,2 m cu programe stabilite special pentru tipuri de formaţiuni litologice şi condiţii tehnice speciale, determinîndu-se parametrii de porozitate, saturaţie etc.

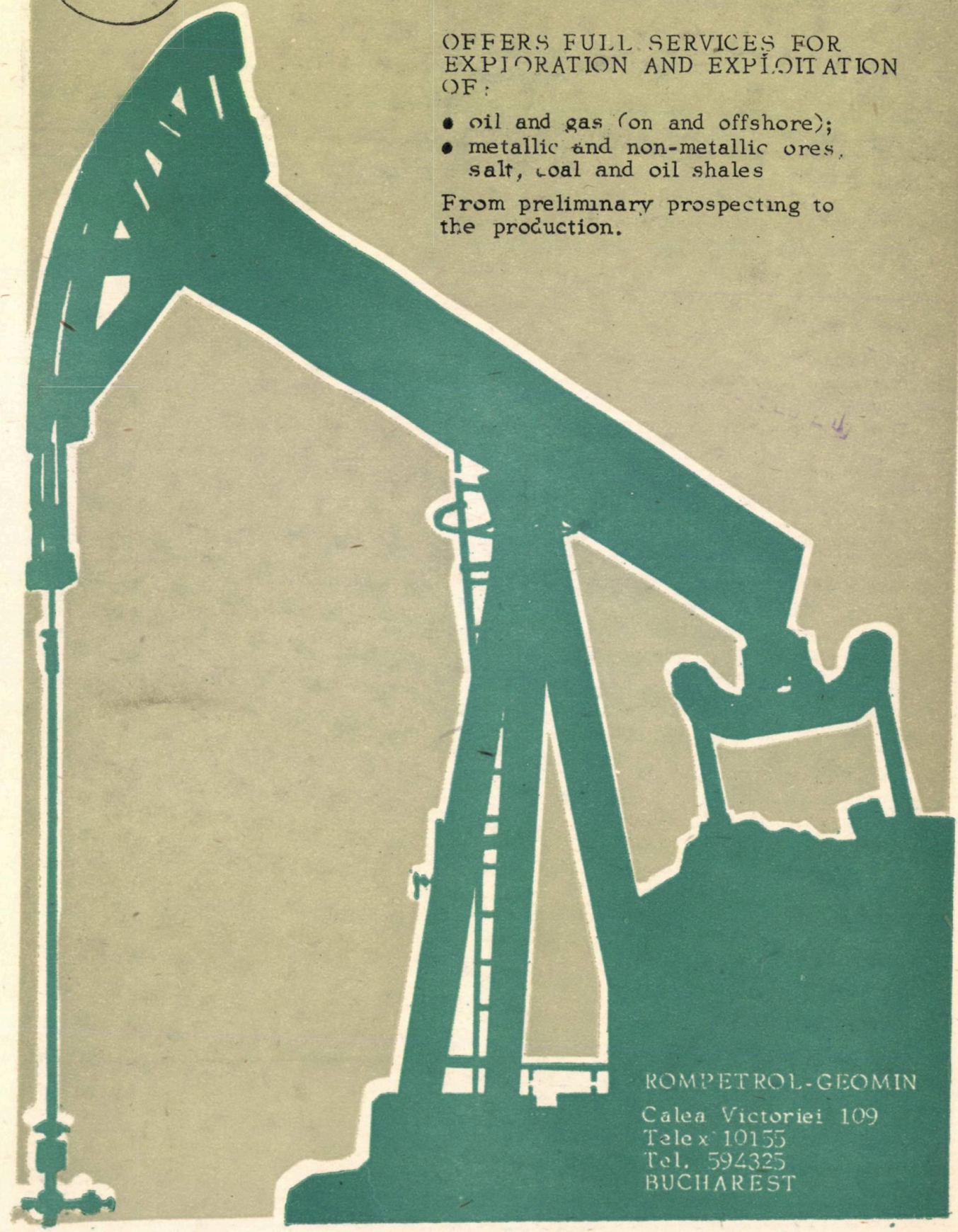


# RPG ROMPETROL·GEOMIN

OFFERS FULL SERVICES FOR EXPLORATION AND EXPLOITATION OF:

- oil and gas (on and offshore);
- metallic and non-metallic ores, salt, coal and oil shales

From preliminary prospecting to the production.



ROMPETROL-GEOMIN
Calea Victoriei 109
Telex 10155
Tel. 594325
BUCHAREST

E 1445

# MINE
# PETROL
# GAZE

·RUDAR SPECIJAL·

# ICITPMN

INSTITUTUL DE CERCETĂRI, INGINERIE TEHNOLOGICĂ ŞI PROIECTĂRI PENTRU MINEREURI NEFEROASE – BAIA MARE

Str. Dr. Victor Babeş, nr. 62; Telefon: 30412; 23483; 23381. Cod : 77.51.74. Jud. Maramureş
ROMÂNIA

## EXECUTĂ ŞI OFERĂ

BENEFICIARILOR INTERNI ŞI EXTERNI :

*LUCRĂRI DE CERCETARE ŞI DOCUMENTAŢII TEHNICO–ECONOMICE DE PROIECTARE ÎN DOMENIUL EXTRACŢIEI ŞI PRELUCRĂRII ZĂCĂMINTELOR DE MINEREURI NEFEROASE ŞI AUROARGENTIFERE PENTRU:*

● sisteme şi metode de exploatare, săpare, susţinere, perforare şi împuşcare a lucrărilor miniere, inclusiv studii de mecanica rocilor şi dirijarea presiunilor miniere. ● stabilirea gradului de prăfuire şi combaterea prafului, de microclimat în subteran şi uzine de preparare, inclusiv studii de medicină minieră pentru prevenirea şi combaterea îmbolnăvirii profesionale ● tehnologii de preparare a substanţelor minerale utile şi de prelucrare prin procedee neconvenţionale a minereurilor şi produselor polimetalice sărace sau reziduale în condiţii de laborator, micropilot, pilot, semiindustrial şi industrial ● sinteze şi experimentări de noi reactivi pentru prelucrare prin flotaţie şi procedee neconvenţionale a substanţelor minerale utile ● documentaţii pentru utilaje, mecanizare şi automatizare a proceselor tehnologice din subteran şi uzine de preparare ● protecţia mediului înconjurător, depoluarea apelor de mină şi reziduale de la uzinele de preparare ● analize economice, optimizări ale proceselor de producţie, organizarea ştiinţifică a producţiei şi a muncii, ergonomie şi psihosociologia muncii, prognoze ale dezvoltării ştiinţei şi tehnicii în domeniul extracţiei şi prelucrării minereurilor neferoase ● documentaţii tehnico-economice de investiţii pentru obiective miniere şi de preparare.

### MAI EXECUTĂ ŞI OFERĂ

— *analize chimice şi fizice prin metode spectrale, fotometrice ş.a., analize şi studii mineralogice, analize de uleiuri şi reactivi ;*
— *lucrări cu izotopi radioactivi ;*
— *prototipuri de mică serie şi unicate ale unor utilaje şi aparate pentru minerit şi preparare.*

### ACORDĂ ASISTENŢĂ TEHNICĂ

*pentru îmbunătăţirea fluxurilor tehnologice, modernizarea instalaţiilor în subteran şi uzine de preparare, valorificarea în producţie a cercetărilor încheiate şi la punerea în funcţiune a obiectivelor economice proiectate în cadrul institutului.*

# MINE, PETROL ŞI GAZE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI AL MINISTERULUI PETROLULUI

ANUL XL

NUMĂR SPECIAL 1989


## CUPRINS


C.Z. 622.01.003
*Fodor, D.* **Cercetarea ştiinţifică în învăţământul superior minier din România** 7

C.Z. 622.271 ;622.235
*Fodor, D., Rotunjanu, I., Georgescu, M., Böyte, A., Voin, V., Dumitrescu, I., Zaporojan, M., Ciocoiu, C.* **Stadiul actual şi perspectiva privind extragerea cu explozivi în carierele din România** 10

C.Z. 622.268.5
*Leţu, N., Mariea, E., Leţu Iuliana, Semen, C.* **Eficienţa protejării lucrărilor de deschidere şi pregătire cu pilieri de siguranţă în minele din bazinul Valea Jiului** 16

C.Z. 622.283
*Leţu, N., Hirian, C., Hirian Maria, Todorescu, A., Gaiducov, V., Arad, V., Zăvoianu, C.* **Stabilirea grosimii optime a susţinerii lucrărilor miniere verticale pentru condiţiile adîncimilor mari din bazinul Valea Jiului** 19

C.Z. 622.822
*Covaci, Şt., Gontean Zoe, Neag, I., Hreniuc, P.* **Bazele teoretice ale prognozării focurilor endogene şi stabilirea de măsuri pentru prevenirea lor** 26

C.Z. 622.411.002
*Kecs, W., Zoican, V., Butulescu, I., Kecs, W. W.* **Modele matematice privind emanaţiile de gaz metan în lucrările miniere** 29

C.Z. 622.012.4
*Constantinescu, I., Georgescu Persida, Cârja-Bolog, C.* **Consideraţii asupra unor procese dinamice ce apar în funcţionarea maşinilor miniere** 31

C.Z. 622.012.4
*Elczner, G., Tigae, I., Nifescu., N., Simaşchevici, H., Turcu, O., Ridzi, M.* **Aplicaţii ale tensometriei electrice la determinarea caracteristicilor tehnico-funcţionale ale utilajelor miniere** 33

C.Z. 622.285
*Iliaş, N., Zamfir, V., Andraş, I., Kelemen, I.* **Realizări şi perspective în proiectarea secţiilor de susţinere mecanizată** 36

C.Z. 622.232.72
*Marian, I., Kovacs, I., Koronka, F., Andrei, T., Nan, M.* **Cercetări în domeniul organelor de tăiere ale combinelor miniere** 38

C.Z. 622.232.05
*Florea, Al., Florea Carmen, Takacs, Fr.* **Cercetări privind fabricarea şi recondiţionarea sculelor miniere de perforare şi tăiere** 41

C.Z. 622.271.3 : 620.9
*Stoichiţoiu, A., Dan, V., Giurgiulescu, B., Stoichiţoiu Rodica, Pop Iuliana, Arad Suzana, Bercea, N.* **Optimizarea consumului de energie electrică în exploatările la zi de lignit** 42

C.Z. 622.48
*Stepanescu, Gh., Pădure, Al., Foţău, I., Stepanescu, I., Cucu, I., Căprar, I.* **Optimizarea configuraţiei reţelelor electrice miniere de sector pe baza conceptului de fiabilitate** 45

C.Z. 622.285 : 622.6 : 681.3
*Pop, E., Coroescu, T., Pop Maria, Mândrescu, C., Egri Angela, Pătrăşcoiu, N.* **Automatizarea unor procese miniere în logica programată, utilizînd un echipament modular cu microproces** 48

C.Z. 622.4.681.3
*Pop, E., Poantă, A.* **Posibilităţi de utilizare a microcalculatoarelor pentru automatizarea procesului de aeraj** 52

C.Z. 622.234
*Magyari, A., Achim, M., Radu, S., Radu, O., Grunţcanu, I., Vilionescu, M.* **Cercetări privind utilizarea dislocării hidraulice şi hidromecanice în industria minieră** 55

C.Z. 622.278
*Czibula, R., Focşa, I., Duma, N.* **Gazeificarea subterană a cărbunelui în România** 58

C.Z. 622.831
*Noaghi, Tr., Noaghi, S.* **Familii de funcţii utilizabile în descrierea legităţilor unor fenomene miniere** 60

C.Z. 681.327
*Zăvoianu, C., Mirifă, I.* **Drumuri minime într-un graf** 63

C.Z. 622.1
*Dima, N., Pădure, I., Niculescu Stanca, Muntean, V., Herbei, O.* **Preocupări privind aplicarea laserelor în lucrările de topografie minieră** 64

C.Z. 622.74
*Sârbu, R., Crăescu, I., Constantin, D., Bunica Aura* **Îmbunătăţirea randamentelor de clasare prin utilizarea hidrocicloanelor cu curent adiţional de apă** 67

C.Z. 622.7.092
*Krausz Sanda, Haneş, N., Ciocan Viorica, Ciocan, N.* **Cercetări privind creşterea limitei superioare a dimensiunii cărbunelui flotabil** 68

C.Z. 622.778
*Iuşan, V., Homorodean, I., Hadgia Sofia, Muntean, V., Stoicoiu, I., Popescu, G., Buioca, C., Mureşan, N., Ular-Stanci Aurora, Mălăescu, I.* **Cercetări de fizica fluidelor magnetice şi separare magnetofluidică a substanţelor minerale utile** 70

C.Z. 622.767
*Gontean, A., Ionescu, C., Matei, A., Vâlcea, V.* **Depunerea prin reducere chimică a unor pelicule subţiri de cobalt şi nichel cu rol de catalizator în procese de hidrogenare a cărbunelui** 74

C.Z. 622.35
*Ungureanu, N., Dobrescu Ana, Poporogu Elena, Buia, Gr., Rebrişoreanu, M.* **Migmatitele din versantul vestic al Munţilor Parâng** 75

**COLEGIUL DE REDACŢIE**

*Preşedinte:* ing. **Vasile-Gheorghe Scripăţ-Florescu**; *vicepreşedinţi:* dr. ing. **Gheorghe Aldea** şi ing. **Traian Cojocaru**; *membri:* ing. **Teodor Boru**, ing. **Gheorghe Boteanu**, ing. **Alexandru Butac**, ing. **Minea Ene**, prof. dr. ing. **Dumitru Fodor**, dr. ing. **Iancu Geangălă**, ing. **Gheorghe Giuclea**, ing. **Ion Găf-Deac**, dr. ing. **Mircea Guran**, ing. **Ion Mărăscu**, ing. **Ion Mitrea**, dr. ing. **Florea Neagu**, ing. **Nicolae Pantilie**, ing. **Mircea Refec**, ing. **Aurel Sandu**, dipl. univ. **Elena Vrânceanu**, redactor.

Revista MINE, PETROL şi GAZE este editată de Oficiul de informare documentară pentru industria minieră Bucureşti, Calea Victoriei 220, sector 1, cod 71104, C.P. 22—146, telefon 59.29.75.
Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 1181
**Preţul 13 lei/exemplar**
Grafica: A. Socaciu

# CONTENTS


C.Z. 622.01.003
*Fodor, D.* **Scientific research in Romanian Mining Institutes**

C.Z. 622.271.622.235
*Fodor, D., Rotunjanu, I., Georgescu, M., Böyte, A., Voin, V., Dumitrescu, I., Zaporojan, M., Ciocoiu, C.* **The utilisation of blasting agents in Romanian open pits in the present and future**

C.Z. 622.268.5
*Leţu, N., Marica, E., Leţu Iuliana, Semen, C.* **The efficiency of development workings and security pillars in the Jiu Valley mines**

C.Z. 622.283
*Leţu, N., Hirian, C., Hirian Maria, Todorescu, A., Gaiducov, V., Arad, V., Zăvoianu, C.* **The optimum-thickness of vertical driving support in the deep mines in the Jiu Valley**

C.Z. 622.822
*Covaci, Şt., Gontean Zoe, Neag, I., Hreniuc, P.* **The theoretical basis for the prognostication of endogenuous fires and the measures for their suppression**

C.Z. 622.411.002
*Kecs, W., Zoican, V., Butulescu, I., Kecs, W. W.* **Mathematical models concerning the damp gas emanations in drivages**

C.Z. 622.012.4
*Constantinescu, I., Georgescu Persida, Cârja-Bolog, C.* **Some considerations concerning a number of dynamic processes which appear during the utilization of mining equipment**

C.Z. 622.012.4
*Elczner, G., Tigae, I., Niţescu, N., Simaşchevici, H., Turcu, O., Ridzi, M.* **The determination of the technico-functional characteristics of mining equipment by electrical tensometry**

C.Z. 622.285
*Iliaş, N., Zamfir, V., Andraş, I., Kelemen, I.* **The latest achievments and future possibilities in designing sections of powered supports**

C.Z. 622.232.72
*Marian, I., Kovacs, I., Koronka, F., Andrei, T., Nan, M.* **Research work in the field of shearer cutting heads**

C.Z. 622.232.05
*Florea, Al., Florea Carmen, Takacs, Fr.* **Research work regarding the manufacturing and reconditioning of cutting and drilling mining tools**

C.Z. 622.271.3 : 620.9
*Stoichiţoiu, A., Dan, V., Giurgiulescu, B., Stoichiţoiu Rodica, Pop Iuliana, Arad Suzana, Bereea, N.* **The optimisation of electrical power consumption in lignite open pits**

C.Z. 622.48
*Stepanescu, Gh., Pădure, Al., Fotău, I., Stepanescu, I., Cucu, I., Căprar, I.* **The optimisation of the mining electrical network configuration taking into consideration the concept of feasability**

C.Z. 622.285 :622.6 : 681.3
*Pop, E., Coroescu, T., Pop Maria, Mândrescu, C., Egri Angela, Pătrăşcoiu, N.* **The automation of some mining operations in programmed logic with microprocessor modular equipment**

C.Z. 622.4 : 681.3
*Pop, E., Poantă, A.* **The possibilities for the utilisation of microcomputers in the automatization of ventilation**

C.Z. 622.234
*Magyari, A., Achim, M., Radu, S., Radu, O., Grunţeanu, I., Vitionescu, M.* **Research work regarding the utilisation of hydraulic and hydromechanic dislocation in the mining industry**

C.Z. 622.278
*Czibula, R., Focşa, I., Duma, N.* **The underground gasification of coal in Romania**

C.Z. 622.831
*Noaghi, Tr., Noaghi, S.* **Function families which can be used in describing the laws of some mining phenomena**

C.Z. 681.327
*Zăvoianu, C., Miriţă, I.* **Minimal distances on a graph**

C.Z. 622.1
*Dima N., Pădure, I., Niculescu Stanca, Muntean, V., Herbei, O.* **Some preocupations concerning the utilisation of lasers in mining topography**

C.Z. 622.74
*Sârbu, R., Crăescu, I., Constantin, D., Bunica Aura* **The improvement of separation efficiency using additional water-flow hydrocyclones**

C.Z. 622.7.092
*Krausz Sanda, Haneş, M., Ciocan Viorica, Ciocan, N.* **Research work regarding the upper limit of flotation coal size**

C.Z. 622.778
*Iuşan, V., Homorodeanu, L., Hadgia Sofia, Muntean, V., Stoicoiu, I., Popescu, G., Buioca, B., Mureşan, N., Ular-Stanci Aurora, Mălăescu, I.* **Research work concerning the physics of magnetic fluids and magnetofluid separation of minerals**

C.Z. 622.767
*Gontean, A., Ionescu, C., Matei, A., Vâlcea, V.* **The chemical build-up of some thin cobalt and nichel films as catalysts in the processes of coal hydrogenation**

C.Z. 622.35
*Ungureanu, N., Dobrescu Ana, Poporogu Elena, Buia, Gr., Rebrişoreanu, M.* **The migmatites in the west slopes of the Parîng Mountains**

# СОДЕРЖАНИЕ


УДК 622.01.003
*Фодор, Д.* **Научное исследование в горном ВУЗ-е Румынии**

УДК 622.261.622.235
*Фодор, Д., Ротунжану, И., Джорджеску, М., Бойте, А., Войн, В., Думитреску, И., Запорожан, М., Чокою, К.* **Настоящая стадия и перспективы добычи взрывными работами на карьерах Румынии**

УДК 622.268.5
*Лецу, И., Марика, Е., Лецу Юлияна, Семен, К.* **Эффективность использования целиков при проведении раскрышных и подготовительных выработок в шахтах бассейна Валя Жиулуй**

УДК 622.283
*Лецу, И., Хириан, К., Хириан Мария, Тодореску, А., Гайдуков, В., Арад, В., Звояну, К.* **Определение оптимальной толщины крепи вертикальных горных выработок для больших глубин бассейна Валя Жиулуй**

УДК 622.228
*Ковач, Шт., Гонтян Зое, Неаг, И., Хренюк, П.* **Теоретические основы прогнозирования эндогенных пожаров и принятия соответствующих мер для их предупреждения**

УДК 622.411.002
*Кеч, В., Зойкан, В., Бутулеску, И., Кеч, В. В.* **Математические модели метановыделения в горных выработках**

УДК 622.012.4
*Константинеску, И., Джорджеску Персида, Кыржа-Болог, К.* **Соображения о динамических процессах, появляющих при работе горных машин**

УДК 622.012.4
*Елкснер, Г., Тигае, И., Ницеску, И., Симашкевич, И., Турку, О., Ридзи, М.* **Применения электротензометрии для определения технико-функциональных характеристик горного оборудования**

УДК 622.285
*Илияш, Н., Замфир, В., Андраш, И., Келемен, И.* **Достижения и перспективы в проектировании секций механического крепления**

УДК 622.232.72
*Мариан, И., Ковач, И., Коронка, Ф., Андрей, Т., Иан, М.* **Исследования в области очистных органов горных комбайнов**

УДК 622.232.05
*Флоря, Ал., Флоря Кармен, Токач, Фр.* **Исследования в области изготовления и восстановления инструментов бурения и резания**

УДК 622.271.3 : 620.9
*Стойкицою, А., Дан, В., Джурджулеску, В., Стойкицою Родика, Поп Юлуяна, Арад Сузана Берча, И.* **Оптимизация расхода электроэнергии на лигнитных карьерах**

УДК 622.48
*Степанеску, Г., Пэдуре, Ал., Фотэу, И., Степанеску, И., Куку, И., Кэпрар, И.* **Оптимизация конфигурации электрических сетей горного участка на основе концепта прогрессивности**

УДК 622.285 : 622.6 : 681.3
*Поп, Е., Коросеску, Т., Поп Мария, Мындреску, К., Егри Анджела, Пэтрэшкой, И.* **Автоматизация горных процессов в программированной логике, используя модулярное оборудование с микропроцессом**

УДК 622.4.681.13
*Поп, Е., Поантэ, А.* **Возможности использования микро ЭВМ для автоматизация вентиляционного процесса**

УДК 622.234
*Маяри, А., Аким, М., Раду, О., Грунцяну, И., Витионеску, М.* **Исследования применения гидравлического и гидромеханического разрушения в горной промышленности**

УДК 622.278
*Цибула, Р., Фокша, И., Дума, Н.* **Подземная газификация угля в Румынии**

УДК 622.831
*Ноаги, Тр., Ноаги, С.* **Семейство соотношений, используемых для описания закономерности некоторых горных явлений**

УДК 681.327
*Звояну, К., Мирицэ, И.* **Минимальные пути графа**

УДК 622.1
*Дима, Н., Пэдуре, И., Никулеску Станка, Мунтян, В. Хербей, О.* **О применении лазеров при работах горного маркшейдерского дела**

УДК 622.74
*Сырбу, Р., Крэеску, И., Константин, Д., Бупика Аура* **Улучшение выхода классификации использованием гидроциклонов добавочным водным потоком**

УДК 622.7.092
*Краус Санда, Гаксш, Н., Чокан Виорика, Чокан, Н.* **Исследования прироста максимального размера флотируемого угля**

УДК 622.778
*Юшан, В., Хомородян, Л., Хаджа София, Мунтян, В., Стойкою, И., Попеску, Г., Буёка, К., Мурешан, И., Улар-Станч Аврора, Мэлэеску, И.* **Исследования физики магнитных флюидов и магнитосфлюидной сепарации полезных ископаемых**

УДК 622.767
*Гонтян, А., Ионеску, К., Матей, А., Вылча, В.* **Нанесение химическим восстановлением тонкой плёнки кобальта и никеля, с катализирующей ролью в процессах гидрогенизации угля**

УДК 622.35
*Унгуряну, Н., Добреску Ана, Попорогу Елена, Буя, Гр., Ребришоряну, М.* **Мигматиты в западном склоне гор Парынг**

# SOMMAIRE


C.Z. 622.01.003
*Fodor, D.* **La recherche scientifique dans l'enseignement universitaire minier de Roumanie**

C.Z. 622.271.622.235
*Fodor, D., Rotunjanu, I., Georgescu, M., Böyle, A., Voin, V., Dumitrescu, I., Zaporojan, M., Ciocoiu C.* **Le stade actuel et la perspective concernant l'extraction à l'aide des explosifs dans les carrières de Roumanie**

C.Z. 622.268.5
*Lefu, N., Marica, E., Lefu Iuliana, Semen, C.* **L'éfficience de la protection des travaux d'ouverture et préparation avec des piliers de sûreté dans les mines du bassin Valea Jiului**

C.Z. 622.283
*Lefu, N., Hirian, C., Hirian Maria, Todorescu, A., Gaiducov, V., Arad, V., Zăvoianu, C.* **L'établissement de l'épaisseur optimale du soutènement des travaux miniers verticaux pour les conditions des grandes profondeurs du bassin Valea Jiului**

C.Z. 622.822
*Covaci, St., Gontean Zoe, Neag, I., Hreniuc, P.* **Les bases théoriques de la prévision des feux éndogènes et l'établissement des mesures pour la prévention de ceux-ci**

C.Z 622.4.11.002
*Kecs, W., Zoican, V., Butulescu, I., Kecs, W. W.* **Modèles mathématiques concernant les émanations de gaz des marais dans les travaux miniers**

C.Z. 622.012.4
*Constantinescu, I., Georgescu Persida, Cârja-Bolog, C.* **Considérations sur certains processus dynamiques qui aparaissent dans le fonctionnement des machines minières**

C.Z. 622.012.4
*Elczner, G., Tigae, I., Nifescu, N., Simaşchevici, H., Turcu, O., Ridzi, M.* **Applications de la tensométrie électrique à la détermination des caractéristiques techniques-fonctionnelles des outillages miniers**

C.Z. 622.285
*Iliaş, N., Zamfir, V., Andraş, I., Kelemen, I.* **Réalisations et perspectives dans la projéction des séctions de soutènement marchant**

C.Z. 622.232.72
*Marian, I., Kovacs, I., Koronka, F., Andrei, T., Nan, M.* **Recherches dans le domaine des organes d'abattage des combines minières**

C.Z. 622.232.05
*Florea, Al., Florea Carmen, Takács, Fr.* **Recherches concernant la fabrication et le réconditionnement des L'optimisation outils miniers de perforation et abattage**

C.Z. 622.271.3.620.9
*Stoichifoiu, A., Dan, V., Giurgiulescu, B., Stoichifoiu Rodica, Pop Iuliana, Arad Suzana, Bercea, N.* **L'optimisation de la consommation d'énergie électrique dans les exploitations de lignite à ciel ouvert**

C.Z. 622.48
*Stepanescu, Gh., Pădure, Al., Fotău, I., Stepanescu, I., Cucu, I., Căprar, I.* **L'optimisation de la configuration des réseaux electriques miniers de secteur en base du concépte de fiabilité**

C.Z. 622.285 : 622.6 : 681.3
*Pop, E., Coroescu, T., Pop Maria, Mândrescu, C., Egri Angela, Pătrăşcoiu, N.* **L'automatisation de quelques processus miniers dans la logique programmée en utilisant un equipement modulaire à microprocessus**

C.Z. 622.4 : 681.3
*Pop, E., Poantă, A.* **Possibilitées d'utilisation des microcalculatrices pour l'automatisation du processus d'aérage**

C.Z. 622.234
*Magyari, A., Achim, M., Radu, S., Radu, O., Grunfeanu, I., Vitionescu, M.* **Recherches concernant l'utilisation de la dislocation hydraulique et hydromécanique dans l'industrie minière**

C.Z. 622.278
*Czibula, R., Focşa, I., Duma, N.* **La gasèification souterraine du charbon en Roumanie**

C.Z. 622.831
*Noaghi, Tr., Noaghi, S.* **Familles de fonctions utilisables dans la déscription des loies qui gouvernent certains phénomènes miniers**

C.Z. 681.327
*Zăvoianu, C., Mirifă, I.* **Voies miniers dans un graphe**

C.Z. 622.1
*Dima, N., Pădure, I., Niculescu Stanca, Muntean, V., Herbei, O.* **Préoccupations concernant l'application des lasers dans les travaux de topographie minière**

C.Z. 622.74
*Sârbu, R., Crăescu, I., Constantin, D., Bunica Aura* **L'amélioration du rendement de classement par l'utilisation des hydrocyclones à flux additionel d'eau**

C.Z. 622.7.092
*Krausz Sanda, Haneş, M., Ciocan Viorica, Ciocan, N.* **Recherches concernant l'augmentation de la limite supérieure de la dimmension du charbon flottable**

C.Z. 622.771
*Iuşan, V., Homorodean, L., Hadgia Sofia, Muntean, V., Stoicoiu, I., Popescu, G., Buioca, C., Mureşan, N., Ular-Stanci Aurora, Mălăescu, I.* **Recherches de physique des fluides magnétiques et séparation magnétofluidique des substances minérales utiles**

C.Z. 622.767
*Gontean, A., Ionescu, C., Matei, A., Vâlcea, V.* **La précipitation par réduction chimique de certaines pellicules minces de cobalt et nickel à rôle catalysateur dans les processus de hydrogénation du charbon**

C.Z. 622.35
*Ungureanu, N., Dobrescu Ana, Poporogu Elena, Buia, Gr., Rebrişorcanu, M.* **Les magmatites du versant l'ouest des montagnes Parîng**

# INHALT

C.Z. 622.01.003
*Fodor, D.* **Wissenschaftliche Forschung in den Bergbauhochschulen in Rumänien**

C.Z. 622.271.622.235
*Fodor, D., Rotunjanu, I., Georgescu, M., Böyte, A., Voin, V., Dumitrescu, I., Zaporojan, M., Ciocoiu, C.* **Der gegenwärtige Stand und die Aussichten der Gewinnung mit Hilfe der Sprengstoffe in den Tagebauen Rumäniens**

C.Z. 622.218.5
*Lefu, N., Marica, E., Lefu, Iuliana, Semen, C.* **Die Effizienz des Schutzes der Aus-und Vorrichtungsbaue mit Sicherheitspfeilern in den Gruben des Reviers Jiu Tal**

C.Z. 622.283
*Lefu, N., Hirian, C., Hirian Maria, Todorescu, A., Gaiducov, V., Arad, V., Zăvoianu, C.* **Bestimmung der optimalen Mächtigkeit für den Ausbau der senkrechten Grubenbaue in den Bedingungen der grossen Teufe in dem Revier Jiu Tal**

C.Z. 622.822
*Covaci, St., Gontean Zoe, Neag, I., Hreniuc, P.* **Die theoretischen Grundlagen für die Voraussage von Endogenbränden und Festlegung von Bekämpfungsmassnahmen**

C.Z. 622.411.002
*Kecs, W., Zoican, V., Butulescu, I., Kecs, W. W.* **Mathematische Modelle betreffend die Methanemissionen in den Grubenbauen**

C.Z. 622.012.4
*Constantinescu, I., Georgescu Persida, Cârja-Bolog, C.* **Betrachtungen über einige dynamischen Prozesse welche in der Funktion der Bergbaumaschinen auftreten**

C.Z. 622.012.4
*Elczner, G., Tigae, I., Nifescu, N., Simaşchevici, H., Turcu, O., Ridzi, M.* **Anwendungen der elektrischen Tensometrie bei der Bestimmung der technisch — funktionalen Charakteristiken der Bergbauausrüstungen**

C.Z. 622.285
*Iliaş, N., Zamfir, V., Andraş, I., Kelemen, I.* **Erfolge und Aussichten in der Konstruktion von mechanisierten Ausbaueinheiten**

C.Z. 622.232.72
*Marian, I., Kovacs, I., Koronka, F., Andrei, T., Nan, M.* **Forschungen auf dem Bereich von Schneidwerkzeugen der Schrämmwalzenlader**

C.Z. 622 232.05
*Florea, Al., Florea Carmen, Takacs, Fr.* **Forschungen über die Fertigung und Wiederherstellung von bergbaulichen Bohr — und Gewinnungswerkzeugen**

C.Z. 622.271.3 : 620.9
*Stoichifoiu, A., Dan, V., Giurgiulescu, B., Stoichifoiu Rodica, Pop Iuliana, Arad Suzana, Bercea, N.* **Optimierung des elektrischen Energieverbrauches in den Lignittagebauen**

C.Z. 622.48
*Stepanescu, Gh., Pădure, Al., Fotău, I., Stepanescu, I., Cucu, I., Căprar, I.* **Optimierte Gestaltung der bergbaulichen elektrischen Abteilungsnetze auf Grundlage des Konzeptes der Zuverlässigkeit**

C.Z. 622.285 : 622.6 ; 681.3
*Pop, E., Coroescu, T., Pop Maria, Mândrescu, C., Egri Angela, Pătrăşcoiu, N.* **Automatisierung einiger bergmännischen Prozesse auf Grundlage der programmierten Logik mit Anwendung von Kastenbauausrüstungen mit Mikroprozessor**

C.Z. 622.4 : 681.3
*Pop, E., Poantă, A.* **Anwendungsmöglichkeiten der Mikrorechner für die Automatisierung des Bewetterungsprozesses**

C.Z. 622.234
*Magyari, A., Achim, M., Radu, S., Radu, O., Grunfeanu, I., Vitionescu, M.* **Forschungen betreffend die Anwendung des hydraulischen und hydromechanischen Aushubs in der Bergbauindustrie**

C.Z. 622.278
*Czibula, R., Focşa, I., Duma, N.* **Untertägige Kohlenvergasung in Rumänien**

C.Z. 622.831
*Noaghi, Tr., Noaghi, S.* **Funktionenschar für die Beschreibung der Gesetzmässigkeiten einiger bergbaulichen Erscheinungen**

C.Z. 681.327
*Zăvoianu, C., Miriţă, I.* **Minimalwege in einem Graph**

C.Z. 622.1
*Dima, N., Pădure, I., Niculescu Stanca, Muntean, V., Herbei, O.* **Tätigkeiten auf dem Bereich der Laseranwendungen in den Markscheide arbeiten**

C.Z. 622.74
*Sârbu, R., Crăescu, I., Constantin, D., Bunica Aura* **Verbesserung des Klassierungswirkungsgrades durch Anwendung der Hydrozyklonen mit zusätzlichem Wasserstrom**

C.Z. 622.7.092
*Krausz Sanda, Haneş, M., Ciocan Viorica, Ciocan, N.* **Forschungen betreffend die Erhöhung der Obergrenze der Korngrösse der schwimmfähigen Kohlen**

C.Z. 622.778
*Iuşan, V., Homorodean, L., Hadgia Sofia, Muntean, V., Stoicoiu, I., Popescu, G., Buioca, C., Mureşan, N., Ular-Stanci Aurora, Mălăescu, I.* **Forschungen auf dem Bereich der Physik der Magnetflüssigkeiten und der magnetflüssigen Separation der Nutzmineralien**

C.Z. 622.767
*Gontean, A., Ionescu, C., Matei, A., Vâlcea, V.* **Absetzung — durch chemische Reduktion — von dünnen Kobalt-und Nickelfilmen mit katalytischer Rolle in Kohlenhydrierungsprozessen**

C.Z. 622.35
*Ungureanu, N., Dobrescu Ana, Poporogu Elena, Buia, Gr., Rebrişoreanu, M.* **Die Migmatite aus dem westlichen Abhang der Parîng Gebirge**

# Cercetarea științifică în învățământul superior minier din România

„Va trebui să facem astfel, încît știința românească, cercetarea științifică din toate domeniile să devină un puternic factor al întregii dezvoltări a forțelor de producție și a întregii societăți socialiste românești. Să asigurăm ca România anilor 1995—2000—2010 să reprezinte o țară cu o înaltă activitate științifică, cu o puternică forță de cercetare, care să asigure soluționarea noilor și noilor probleme ale progresului economico-social, ale ridicării continue a gradului de civilizație, a bunăstării generale a poporului nostru și totodată să participe activ la dezvoltarea relațiilor economice, științifice internaționale".

**Nicolae Ceaușescu**

*Demonstrînd o impresionantă capacitate de analiză și sinteză, de investigare a fenomenelor și proceselor care iau caracter de necesitate obiectivă, secretarul general al partidului, președintele Republicii Socialiste România, tovarășul* **Nicolae Ceaușescu**, *a elaborat o strategie de amplă cuprindere și originalitate, de largă perspectivă istorică, privind rolul fundamental al cercetării științifice pentru dezvoltarea economico-socială, integrată organic cu producția, cu practica socială în general.*

*În același timp, tovarășa academician doctor inginer* **Elena Ceaușescu**, *președintele Consiliului Național pentru Știință și Învățămînt, direcționează, cu deosebită claritate, trecerea cu toată hotărîrea la înfăptuirea neabătută a programelor de organizare și modernizare în toate ramurile, acționarea cu mai multă hotărîre în elaborarea și introducerea de noi tehnologii care să ducă la o reducere substanțială a consumurilor de materiale și energie, la valorificarea superioară a materiilor prime, la reducerea importului, la ridicarea calității și îmbunătățirea caracteristicilor tuturor produselor, care să devină tot mai competitive pe piața mondială.*

*Realitățile vieții, ale muncii noastre de zi cu zi, demonstrează faptul că nu se poate concepe înfăptuirea complexului de programe privind modernizarea economiei naționale, perfecționarea activității în toate domeniile, fără implicarea fermă, responsabilă a întregului potențial științific românesc în soluționarea rapidă și eficientă a problemelor tehnico-economice ale producției.*

*La realizarea acestor obiective, cercetarea științifică desfășurată în institutele de învățămînt superior trebuie să-și aducă o contribuție esențială la dezvoltarea științei, la rezolvarea la cote superioare a problemelor de importanță majoră pentru economia națională și viața social-culturală a țării, toate acestea subordonate rolului primordial al școlii superioare, de pregătire a unor specialiști, care să stăpînească și să creeze noi tehnologii specifice meseriei alese, să fie pasionați cercetători, buni tehnicieni, organizatori și conducători în activitatea de producție.*

*Înțelegînd importanța conceptului revoluționar, de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția, magistral formulat și inițiat de secretarul general al P.C.R., tovarășul* **Nicolae Ceaușescu**, *Institutul de Mine din Petroșani, în cei 40 de ani de existență, a devenit și constituie un adevărat centru de cercetare științifică fundamentală și aplicativă, ținînd pasul cu dezvoltarea pe plan mondial a științei și tehnicii, tot mai puternic subordonat cerințelor sociale, îndeosebi cerințelor mereu crescînde ale industriei extractive miniere.*

*Componentă de bază a amplului proces de integrare, activitatea de cercetare științifică în Institutul de Mine din Petroșani se desfășoară pe baza planurilor cincinale și anuale de cercetare, urmărind curent angrenarea largă a întregului potențial științific la rezolvarea unor probleme majore privind dezvoltarea bazei de materii prime minerale și energetice a țării, modernizarea industriei extractive miniere.*

*Prin temele de cercetare abordate, prin tematica luată în studiu, se poate afirma că cercetarea științifică desfășurată de cadrele didactice și studenți, în colaborare strînsă cu specialiștii din cercetare, proiectare și producție, a cuprins în general întreaga problematică de dezvoltare și modernizare a industriei miniere din țara noastră.*

*Astfel, domeniile de cercetare abordate pe o perioadă mai lungă de timp, ale căror rezultate obținute — ca urmare a temelor și studiilor elaborate — au condus în principal la progresul industriei miniere și al științei, în general, cuprind:*

*— proiectarea de metode și tehnologii de exploatare a unor zăcăminte de cărbuni, minereuri și alte substanțe minerale utile;*

*— cercetări complexe de geotehnică minieră legate de proiectarea lucrărilor miniere de deschidere și pregătire, în exploatările miniere subterane și la zi;*

*— conceperea, proiectarea și introducerea în fabricație de mașini și utilaje miniere adecvate condițiilor de zăcămînt din țara noastră care să conducă la creșterea gradului de mecanizare a proceselor tehnologice în abataje și la executarea lucrărilor miniere de deschidere și pregătire, în vederea reducerii importului și creșterii fiabilității;*

*— modernizarea proceselor tehnologice prin creşterea gardului de automatizare şi de introducere a celor mai moderne mijloace de conducere automată;*

*— perfecţionarea metodelor şi proceselor din uzinele de preparare, în vederea creşterii gradului de recuperare şi sporirii producţiei de materii prime minerale;*

*— organizarea ştiinţifică a producţiei şi a muncii prin introducerea în cadrul unităţilor de producţie şi proiectare a tehnicii moderne de calcul;*

*— reducerea consumurilor de energie şi materiale în diferite unităţi economice pe fazele tehnologice ale proceselor de producţie;*

*— cercetări de aeraj şi protecţia muncii, în vederea asigurării condiţiilor optime de muncă, a creşterii siguranţei în exploatare;*

*— cercetări cu caracter economic, sociologic şi psihosociologic, specifice industriei miniere etc.*

*După cum se constată din cele prezentate, problematica abordată în cercetarea ştiinţifică desfăşurată de cadrele didactice din Institutul de Mine din Petroşani a fost complexă şi strîns legată de obiectivele principale ale activităţii miniere. Ca urmare, rezultatele cercetărilor efectuate şi-au găsit aplicare în producţie, la nivelul exigenţelor impuse de dezvoltarea industriei miniere.*

*Astfel, pe linia valorificării şi exploatării raţionale a zăcămintelor de substanţe minerale utile, pentru creşterea bazei de materii prime s-au înscris cercetările şi studiile elaborate cu privire la: exploatarea pilierilor de siguranţă ai obiectivelor social-industriale din bazinul carbonifer al Văii Jiului şi din unele bazine cu zăcăminte de lignit; exploatarea subterană a şisturilor bituminoase din zona Anina; optimizarea tehnologiilor de extracţie a minereului cuprifer din cariera Valea Morii — Brad; exploatarea la zi a zonelor de afloriment a stratelor de huilă din bazinul Văii Jiului; studii mineralo-genetice ale unor noi zăcăminte în vederea valorificării economice a acestora etc.*

*Dintre cercetările implicate în procesul de proiectare a unor noi metode şi tehnologii de exploatare a zăcămintelor de substanţe minerale utile exemplificăm cercetările legate de: exploatarea unor zăcăminte de minereuri din zonele Ghelar-Teliuc, Deva, Baia de Arieş, Şuior, Bălan şi din alte bazine miniere, prin introducerea de metode de mare productivitate cu extragerea în subetaje; înlocuirea tehnologiilor actuale de extracţie a cărbunilor din abatajele cameră din stratele groase de huilă; proiectarea exploatării zăcămintelor de lignit situate în condiţii hidrogeologice foarte grele.*

*Îmbinînd cercetarea fundamentală cu cea aplicativă de inginerie tehnologică, studiile şi cercetările geotehnice s-au referit în special la: dimensionarea echipamentelor de susţinere a lucrărilor miniere orizontale şi verticale, în condiţiile creşterii adîncimii de exploatare a zăcămintelor de cărbune din bazinul Văii Jiului, precum şi a celor de lignit din bazinele Cîmpulung, Motru, Mehedinţi şi Horezu, situate în condiţii hidrogeologice dificile; studiul caracteristicilor fizico-mecanice şi reologice ale rocilor; protecţia lucrărilor miniere subterane faţă de acţiunea seismică a exploziilor în carierele din Călimani şi de la Roşia Poieni; studii privind stabilitatea taluzurilor de lucru şi a haldelor din marile cariere de lignit din bazinul Olteniei şi din microcarierele din bazinul Văii Jiului.*

*Dezvoltarea industriei miniere este strîns legată de conceperea, proiectarea şi construcţia de maşini, utilaje şi instalaţii miniere, adecvate condiţiilor de zăcămînt, care să conducă — în principal — la mecanizarea intensivă a proceselor tehnologice, la creşterea producţiei şi productivităţii muncii.*

*Sînt demne de semnalat în această direcţie — în primul rînd — realizările obţinute în construcţia combinelor de abataj, atît pentru zăcămintele de lignit, cît şi de huilă, ale căror organe de tăiere au fost concepute şi proiectate de specialişti, cadre didactice din Institutul de Mine.*

*Remarcăm, de asemenea, instalaţiile mobile de perforat de tip IMP-1, IMP-2 şi vagonul siloz autodescărcător care au intrat în asimilare, contribuind astfel la sporirea vitezelor de săpare a lucrărilor miniere.*

*Sînt întreprinse cercetări şi în domeniul realizării şi experimentării unor noi tehnologii de tăiere şi dislocare a rocilor din frontul de lucru prin hidromecanizare.*

*Preocupaţi de problemele creşterii gradului de automatizare şi de introducere a celor mai moderne mijloace de comandă automată a proceselor de producţie, menţionăm cercetările şi realizările obţinute privind: automatizarea instalaţiilor electromecanice miniere şi conducerea cu microprocesoare a unor procese industriale în minele din bazinul Valea Jiului; comanda procesului de lucru la excavatoarele cu rotor din carierele de lignit; automatizarea instalaţiilor electromecanice miniere utilizînd module tip MAP-80 de concepţie proprie etc.*

*Un rol aparte îl ocupă în această direcţie şi cercetările efectuate de specialiştii institutului în direcţia proiectării şi dimensionării reţelelor optime de alimentare cu energie electrică pentru unele mine de cărbune şi minereuri, a modernizării aparaturii în construcţie antigrizutoasă prin colaborările cu specialiştii din uzinele constructoare de maşini.*

*În domeniul preparării se menționează cercetările cu privire la creșterea producției de cărbune cocsificabil prin reducerea pierderilor de cărbune în șlamul steril de la preparațiile din Valea Jiului și la căile de valorificare a reziduurilor cărbunoase, precum și investigațiile științifice legate de procedeele de preparare a minereurilor cu conținuturi mai scăzute în metal din zonele Moldova Nouă și Roșia Poieni.*

*Eficiența economică a activității de producție este strîns legată de reducerea consumurilor de materiale și energie, creșterea fiabilității în exploatare a mașinilor și utilajelor. În această direcție au fost întreprinse, de-a lungul unei perioade lungi de timp, studii și cercetări privind: stabilitatea lucrărilor miniere subterane din bazinul Valea Jiului în vederea reducerii consumului de materiale și a cheltuielilor de întreținere; îmbunătățiri constructive la echipamentele de susținere mecanizată a abatajelor, pentru reducerea consumului de metal; studii de bilanț energetic și căi de reducere a consumului de energie în cadrul unor unități economice din bazinul Văii Jiului, precum și în alte unități miniere din țară.*

*Organizarea științifică a producției și a muncii, introducerea metodelor de proiectare prin aplicarea metodelor modelării matematico-economice au constituit și constituie o preocupare a unor specialiști din cadrul institutului, care și-au îndreptat cercetările în această direcție. Selectiv, din ultimele cercetări efectuate, menționăm în principal pe cele legate de: programarea și urmărirea producției în cadrul unor mine din bazinul Valea Jiului și din bazinul minier Baia Mare; organizarea proceselor tehnologice în fronturile de abataj complex mecanizate în minele de huilă și lignit; stabilirea capacităților optime de producție a unor mine; studii de corelație a unor factori geologo-minieri și tehnici privind exploatarea rațională a zăcămintelor de lignit din bazinele miniere Horezu, Motru și altele.*

*Nu putem încheia succinta prezentare a domeniilor cercetărilor științifice abordate de cadrele didactice și studenții Institutului de Mine din Petroșani fără a face mențiunea că în realizările obținute un rol aparte îl ocupă cercetările fundamentale desfășurate în ultimul timp prin întrepătrunderea interdisciplinară. Alături de cadrele didactice de specialitate, la rezolvarea temelor luate în studiu au colaborat — în colective mixte — și și-au adus contribuția cadrele didactice de la disciplinele fundamentale de matematică-fizică, chimie, rezistența materialelor, mecanică teoretică, organe de mașini etc.*

*Au fost introduse în metodica de cercetare noi metode și metodologii de cercetare care au condus la rezolvarea temelor abordate la nivelul științei și tehnicii actuale pe plan mondial. Fără a ne repeta, subliniem unele direcții în care cercetarea fundamentală interdisciplinară și-a adus o contribuție esențială, și anume:*

*— folosirea fotogrammetriei în activitatea minieră de producție pentru evaluarea volumelor de excavații și studierea unor fenomene de presiune minieră;*

*— conducerea în execuție a lucrărilor miniere cu ajutorul laserului;*

*— aplicarea ferofluidelor în procesele de preparare a unor zăcăminte de substanțe minerale utile;*

*— utilizarea de metode moderne matematice în studiul vibrațiilor unor organe de mașini și instalații miniere;*

*— modelarea matematică a degajărilor de gaz metan în minele de cărbuni din bazinul Valea Jiului;*

*— lichefierea cărbunilor pentru obținerea de combustibili superiori:*

*— aplicarea metodologiilor de calcul ale mecanicii mediilor continue deformabile în studierea fenomenelor de presiune minieră, pentru dimensionarea susținerii lucrărilor miniere;*

*— folosirea metodelor modelării matematice în studierea stărilor de tensiune în lucrările miniere la zi și subterane.*

*Am încercat să prezentăm succint problematica cercetării științifice și realizările obținute de cadrele didactice și studenți, în colaborare cu specialiștii din cercetare-proiectare, realizări ce au marcat actul de sărbătorire a celor patru decenii de activitate didactică și științifică a Institutului de Mine din Petroșani, în sesiunea științifică jubiliară desfășurată sub genericul:* Tehnici și tehnologii noi folosite în industria minieră *care, în consens cu toți participanții cu lucrări, a marcat importanța majoră ce se acordă industriei miniere din țara noastră.*

*În acest an, aflat sub semnul celui de-al XIV-lea Congres al P. C. R. și al celei de-a 45-a aniversări a victoriei Revoluției de eliberare socială și națională, antifascistă și antiimperialistă, cadrele didactice și studenții Institutului de Mine din Petroșani sînt ferm hotărîți în a depune toate eforturile ca învățămîntul superior minier să reprezinte o citadelă a științei, să contribuie la formarea unor specialiști cu înalte competențe profesional-științifice, iar cercetarea științifică să contribuie și pe mai departe la dezvoltarea și modernizarea industriei noastre miniere, în pas cu ultimele cuceriri ale științei și tehnicii mondiale.*

Prof. dr. ing. **D. FODOR**
Rectorul Institutului de Mine Petroșani

# Stadiul actual şi perspectiva privind extragerea cu explozivi în carierele din România

Prof. dr. ing. **D. Fodor**, conf. dr. ing. **I. Rotunjanu**, şef lucr. dr. ing. **M. Georgescu**, şef lucr. ing. **A. Böyte**, şef lucr. ing. **V. Voin**, asist. ing. **I. Dumitrescu**, ing. **M. Zaporojan***, ing. **C. Ciocoiu***

În dezvoltarea armonioasă a ramurilor economiei noastre naţionale, industriei miniere îi revin sarcini deosebite legate de lărgirea bazei de resurse energetice şi de materii prime minerale, precum şi de creşterea nivelelor de producţie.

Exploatarea la zi, datorită avantajelor tehnico-economice pe care le are, poate răspunde în primul rînd acestor cerinţe, motiv pentru care în ultimii 15—20 ani a realizat un salt spectaculos atît în proiectare, cît şi în tehnologii, nivele de producţie pe unităţi şi pe ansamblul ramurii, grad de mecanizare şi automatizare.

De acest progres a beneficiat şi exploatarea rocilor tari în cariere, în prezent funcţionînd în România capacităţi de producţie competitive pe plan mondial din toate punctele de vedere, cum sînt: Roşia Poieni, Moldova Nouă, Bucium-Tarniţa, Sitorman etc.

Pornind de la o experienţă mai puţin bogată în domeniul extragerii rocilor tari prin cariere, astăzi cercetătorii, proiectanţii şi tehnologii români, într-un timp relativ scurt, au reuşit să rezolve cu succes multiplele probleme tehnice, tehnologice şi organizatorice care au apărut în diferitele faze ale existenţei acestor şantiere de exploatări la zi: proiectare, construcţie, exploatare.

În cele ce urmează se va prezenta succint aportul colectivului mixt de cercetare, format din cadre didactice de la Institutul de Mine din Petroşani şi ingineri de la Centrul de Cercetări, Inginerie Tehnologică şi Proiectări pentru Securitate Minieră, în stabilirea unor tehnologii de extragere adecvate condiţiilor concrete de zăcămînt din ţara noastră.

Rezultatele în detaliu ale acestor cercetări au fost publicate în revistele de specialitate, iar în unităţile miniere soluţiile date şi aplicate pe teren s-au dovedit viabile şi corespunzătoare condiţiilor geologo-miniere ale carierelor luate în studiu.

În procesul complex de exploatare a substanţelor minerale utile sau a rocilor utile de tărie medie, mare sau foarte mare, derocarea ocupă o pondere însemnată. De aceea alegerea procedeului de extragere şi stabilirea parametrilor optimi ai acestuia vor influenţa asupra eficienţei întregii activităţi din carieră.

* Centrul de Cercetări, Inginerie Tehnologică şi Proiectări pentru Securitate Minieră Petroşani

În România, ca de altfel, în întreaga lume, extragerea rocilor tari se realizează cu ajutorul explozivilor amplasaţi în găuri de mină, găuri de sondă, galerii şi camere de minare sau combinaţii ale acestora (fig. 1).

În urma observaţiilor şi cercetărilor pe teren, precum şi a studiilor elaborate pe parcursul a peste zece ani de activitate, asupra tehnologiilor de derocare aplicate în carierele din România, colectivul de cercetare a ajuns la următoarele constatări şi concluzii:

— din punct de vedere tehnic şi tehnologic, procedeele de derocare au cunoscut un curs ascendent; astăzi marile cariere din ţara noastră sînt dotate şi aplică metode de lucru competitive cu cele din ţări cu tradiţie în extragerea prin lucrări miniere la zi a zăcămintelor de tărie mare;

— perfecţionarea utilajelor de forat a permis executarea găurilor de sondă cu diametru mare (200—250 mm), creînd astfel posibilitatea înlocuirii procedeului de derocare cu explozivi

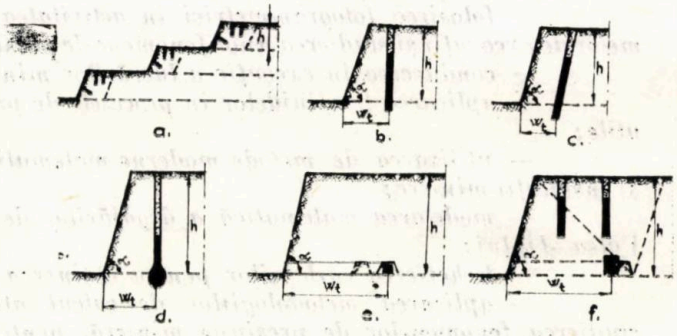


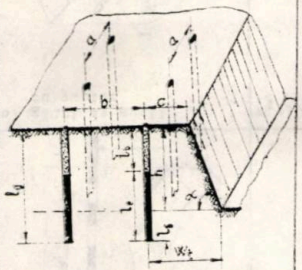
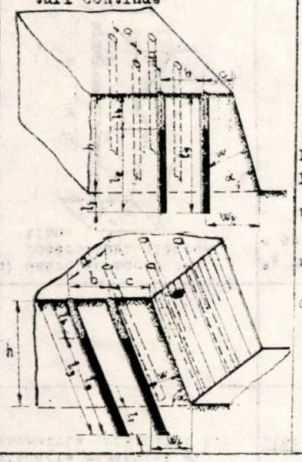

Fig. 1. Procedee de extragere a rocilor tari cu ajutorul explozivilor amplasaţi în: *a* — găuri de mină; *b* — găuri de sondă verticale; *c* — găuri de sondă înclinate; *d* — găuri de sondă cu cuptor; *e* — galerii de minare; *f* — combinat (găuri de sondă şi camere de minare).

amplasaţi în camere (galerii) de minare, ale cărui dezavantaje sînt cunoscute. În prezent domeniul de utilizare a galeriilor de minare este bine conturat prin Normele republicane de protecţia muncii, el avînd o pondere din ce în ce mai mică la derocarea rocilor tari;

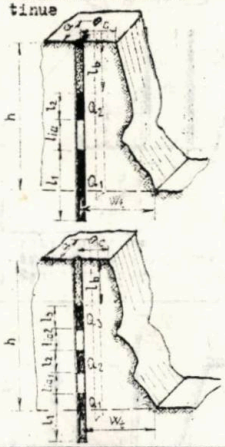
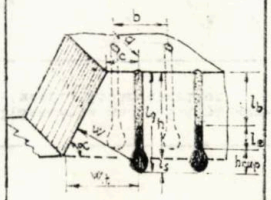
— înlocuirea explozivilor încartuşaţi de tipul astralitei şi dinamitei cu explozivi cu sensibilitate mai redusă (amestecuri explozive) a dus la creşterea siguranţei lucrărilor de împuşcare, la folosirea mai eficientă a energiei explozive, extinderea procedeului cu găuri de sondă

*Tabelul 1*

PARAMETRII LA IMPUȘCARE CU EXPLOZIVI AMPLASAȚI ÎN GĂURI DE MINĂ ȘI DE SONDĂ

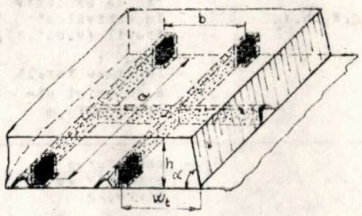
| Procedeul de împușcare | Situația masivului și geometria încărcăturilor | Parametrii<br>Linia de rezistență la talpă $w_t$(m) | Subadîncimea $l_s$(m) | Distanța dintre găuri, a(m) | Distanța dintre rînduri b(m) | Cantitatea necesară de exploziv $Q_g$(kg) | Lungimea coloanei de exploziv $l_e$(m) | Lungimea găurii $l_g$(m) | Lungimea de burare, $l_b$(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Găuri de mină |  | $w_t = k_1\sqrt{\frac{Q}{q \cdot m}}$<br>unde :<br>$k_1$=0,71 ptr. $l_g$ < 1,5 m<br>$k_1$=0,82 ptr. $l_g$=1,5÷3 m<br>$k_1$=0,83÷0,9 ptr. $l_g$ > 3 m (max. $l_g$ = 10 m și $l_b$=2 ÷3 m) | $l_s = k_2 \cdot D$<br>sau<br>$l_s$=0,3 $w_t$<br>D-diametrul încărcăturii, m<br>$k_2$-coeficientul funcție de tăria rocii<br>f<8, $k_2$ = 3<br>8<f<14, $k_2$=6<br>f>14, $k_2$=10 | a=m $w_t$<br>m=1÷1,2 distanța relativă dintre încărcături | b=f(a)<br>b=(0,6÷0,8)a<br>b=f($w_t$)<br>b= $w_t$ | $Q_g$=q.a.$w_t$.h | $l_e$=h+$l_s$-$l_b$ | $l_g$=h+$l_s$ | $l_b$=0,5 $l_g$ ptr. $l_g$ < 1,5 m<br>$l_b$=0,33 $l_g$ ptr. $l_g$=1,5÷3 m<br>$l_b$=2÷3 m ptr. $l_g$ > 3 m<br>Se stabilește prin ordin de împușcare în funcție de necesitățile tehnologice |
| 2. Găuri de sondă | a) găuri de sondă verticale și înclinate cu încărcături continue  | $w_t$ = $k_3$ · D<br>D-diametrul găurii de sondă, m ;<br>$k_3$-coeficient în funcție de tăria rocii<br>f=3, $k_3$=31...36<br>3<f<5, $k_3$=27...31<br>5<f<10, $k_3$=25...27<br>10<f<15, $k_3$=22...25<br>15<f<20, $k_3$=20...22<br>$w_t \geq$ h ctg$\alpha$ + c - pentru găuri de sondă verticale<br>$w_t \geq$ c - pentru găuri de sondă înclinate<br>$\alpha$ - înclinarea taluzului, grade<br>c - distanța minimă de la muchia taluzului la gaura de sondă, m. | $l_s = k_4 \cdot w_t$<br>$k_4$-coef. funcție de înclinarea găurii de sondă<br>$\alpha$=90°, $k_4$=0,3<br>$\alpha$=85°, $k_4$=0,2<br>$\alpha$=80°, $k_4$=0,14<br>$\alpha$=75°, $k_4$=0,08<br>$\alpha$=70°, $k_4$=0,06<br>$\alpha$=65°, $k_4$=0,04 | a=$w_t$<br>dacă $Q_{g2}$=(0,9÷1,1)$Q_{g1}$<br>a= $\frac{Q_{g1}}{q \cdot w_t \cdot h} \geq$ 0,3 $w_t$<br>dacă $Q_{g2}$>1,1 $Q_{g1}$<br>a = $\frac{Q_{g2}}{q \cdot w_t \cdot h} \leq$1,25 · $w_t$<br>dacă $Q_{g2}$ < 0,9 $Q_{g1}$<br>cînd a>1,25 $w_t$ se ia a=1,25 $w_t$ și se utilizează încărcăturile discontinue | b=f(a)<br>b=(0,8÷0,9)a<br>b=f($w_t$)<br>b=$w_t$ | $Q_{g1}$=785.$D^2$.$\Delta$.$l_e$<br>$Q_{g2}$=q.a$w_t$.h<br>q-consumul specific<br>$\Delta$-densitatea de încărcare a explozivului, kg/dm<br>q= $\frac{1}{e_{TNT}}$(0,182 + +0,0235 f) kg/$m^3$<br>$e_{TNT}$=1,383 pentru dinamită<br>$e_{TNT}$=1,166 pentru astralită<br>$e_{TNT}$=1,000 pentru TNT<br>$e_{TNT}$=0,733 pentru AM-1 (Nitramon)<br>$e_{TNT}$=1,050 ptr. Rovex Extra<br>$e_{TNT}$=1,400 pentru Rovex 650 | $l_e$= $\frac{h}{\sin\alpha}$ + $l_s$ - $l_b$ | $l_g$= $\frac{h}{\sin\alpha}$ + $l_s$ | $l_b$=f($w_t$)<br>$l_b$=$w_t$ |

*Tabelul 1 (continuare)*

| Procedeul de împușcare | Situația masivului și geometria încărcăturilor | Parametri | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Linia de rezistență la talpă $w_t$(m) | Subadîncimea $l_s$(m) | Distanța dintre găuri, a(m) | Distanța dintre rînduri, b(m) | Cantitatea necesară de exploziv, $Q_g$(kg) | Lungimea coloanei de exploziv, $l_e$(m) | Lungimea găurii $l_g$(m) | Lungimea de burare $l_b$(m) |
| | | | | | | $f = \frac{\sigma_c}{100}$ - coeficient de tărie a rocilor<br>$\sigma_c$ - rezistența de rupere la compresiune a rocilor, daN/cm$^2$ | | | |
| 2. Găuri de sondă | b) Găuri de sondă cu încărcături discontinue  | $w_t = k_3 \cdot B$<br>a se vedea pct.a) | $l_s = k_4 \cdot w_t$<br>a se vedea pct.a) | $a = f(w_t)$<br>$a = 1{,}25\ w_t$ | $b=f(w_t)$<br>$b=w_t$ | $Q_g = q \cdot a \cdot w_t \cdot h$<br>$Q_1 = (0{,}7 \div 0{,}8)Q_g$<br>ptr. $f < 14$<br>$Q_1 = (0{,}6 \div 0{,}7)Q_g$<br>ptr. $f \geq 14$<br>$Q_2 = Q_g - Q_1$,<br>pentru un interval de aer,<br>și<br>$Q_2 = Q_3 = \frac{Q_g - Q_1}{2}$ pentru<br>două intervale de aer | $l_e = \frac{Q_g}{p}$<br>$l_1 = \frac{Q_1}{p}$<br>$l_2 = \frac{Q_2}{p}$<br>$l_3 = \frac{Q_3}{p}$<br>$l_e = \Sigma l_i$<br>p-încărcătura specifică, kg/m<br>$p = 785 \cdot D^2 \cdot \Delta$ | $l_g = \Sigma l_i + \Sigma l_{iai} + l_b$<br>$\Sigma l_{iai} = (0{,}17 \div 0{,}35) \cdot \Sigma l_i$ | $l_b = f(w_t)$<br>$l_b = w_t$ |
| | c) găuri de sondă cu cuptor  | $w_t = (0{,}5 \div 0{,}9)h$ | $l_s = k_4 \cdot w_t$<br>a se vedea pct.a) | $a = f(w_t)$<br>$a = (1 \div 1{,}2)w_t$ | $b=f(w_t)$<br>$= w_t$ | $Q = q \cdot w^3 \cdot kg$<br>$Q_{cupt} = \frac{Q}{k_5 \cdot \Delta}$, kg<br>$k_5$=3...25 coeficient care indică însușirea rocii de a se comprima sub influența produselor exploziei. Cuptorul se realizează prin împușcări succesive numărul acestora adoptîndu-se în baza unor observații. Prima împușcare se execută cu o cantitate mai mică de exploziv iar celelalte două după cca 15 min cu cantități mai mari<br>$w = w_t \sin\alpha$ | | $l_g = (0{,}95 \div 1)h$ | $l_b \geq w_t$ |

*Tabelul 2*

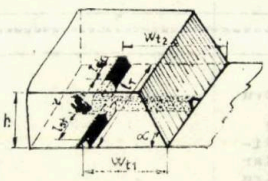
PARAMETRII LA IMPUSCAREA CU EXPLOZIVI AMPLASATI IN CAMERE SI GALERII DE MINARE

| Situaţia masivului | Parametrii | Relaţia de calcul sau valoarea parametrului | Semnificaţia notaţiilor |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 |
| a) Camere de minare   | Înălţimea treptei, h (m) | $20 \leq h \leq 40$ | |
| | Linia de rezistenţă la talpă, $W_t$ (m) | $W_t = (0,3 - 0,7)h$<br>Valoarea mai mică pentru roci cu stratificaţie concordantă cu taluzul treptei sau are o înclinare mai mare ca $30^0$, iar valorile mai mari pentru roci cu stratificaţie discordantă cu taluzul sau înclinări mai mici de $30^0$. | |
| | Unghiul de înclinare a masivului, $\alpha$ (grade) | $\alpha \geq 70^0$ | |
| | Distanţa dintre camerele aceluiaşi rînd a, (m) | Încărcături de afînare<br>$a = (1,0...1,5)W_t$<br>Încărcături de aruncare<br>$a = 0,5\ W_t(n+1)$ | |
| | Distanţa dintre rîndurile de camere, b (m) | $b = W_t$ | |
| | Volumul camerelor de minare, $V_{cam}$ ($m^3$) | $V_{cam} = \frac{Q}{\rho_e} K_v$ | $K_v$ = 1,1...1,8 - coeficient ce ţine seama de volumul efectiv al materialului de susţinere, de izolaţie şi de ambalajul explozivului ;<br>Q - greutatea încărcăturii în camera de minare, în t ;<br>$\rho_e$ - greutatea volumică a explozivului întrebuinţat, în $t/m^3$ |
| | Coeficientul de concentrare a încărcăturii de exploziv | $P = \frac{0,62 \sqrt[3]{V_{cam}}}{R_{cam}} \leq 0,41$ | $R_{cam}$ - distanţa de la centrul camerei pînă la cel mai îndepărtat punct al acesteia, în m.<br>Se folosesc camere paralelipipedice, cruce, L, T, cînd Q > 20 t. |
| | Volumul masivului dislocat | Cazul unei singure camere de minare<br>$V_1 = W^2 \cdot h$<br>Cazul a două camere de minare<br>$V_2 = \frac{a+W_1}{2} W_1 h_1 + \frac{a+W_2}{2} W_2 h_2$ ($m^3$) | $W, W_1, W_2$ - anticipantele camerelor de minare;<br>$h, h_1, h_2$ - înălţimile fronturilor pentru fiecare cameră<br>a - distanţa dintre camerele de minare |
| | Mărimea încărcăturii de exploziv, Q (kg) | $Q = q \cdot a \cdot W_t \cdot h$ | q - consum specific de exploziv, $kg/m^3$;<br>$q = (0,182 + 0,0235\ f) \cdot \frac{W_t}{h \cdot e_{TNT}} \cdot \sigma$<br>Pentru valorile lui $e_{TNT}$ a se vedea tab. nr. 1.<br>f - coef. de tărie a rocilor |

şi în condiţii hidrogeologice dificile şi, în final, la reducerea costurilor de exploatare. Astfel, alături de explozivii pulverulenţi se utilizează din ce în ce mai mult gelurile explozive ;

— s-a diversificat şi perfecţionat gama mijloacelor de iniţiere ; de la cele cîteva tipuri de fitil detonant la busterele FAREX, de la capsele detonante instantanee sau cu întîrziere, la capsele detonante electrice milisecundă cu înaltă intensitate de funcţionare sau cu un sistem de iniţiere neelectric, atît de necesar în carierele unde tensiunile de alimentare a utilajelor sînt mari şi care, datorită apariţiei sarcinilor electrice străine, fac imposibilă utilizarea capselor obişnuite. Colectivul de cercetare a stabilit o metodologie clară şi adecvată proprietăţilor fizico-mecanice ale rocilor împuşcate şi caracteristicilor termodinamice ale explozivilor, care şi-a găsit utilizarea în multe şantiere miniere din ţară şi cu efecte tehnico-economice

*Tabelul 2 (continuare)*

| 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| b) Galerii de mînare | Înălțimea treptei h(m) | $20 \leq h \leq 60$ | |
|  | Linia de rezistență la talpă, $W_t$(m) | $W_t = (0,5...0,8)h$<br>Valoarea mai mică se adoptă în cazul treptelor cu înălțimea de 30...60 m, iar valoarea mai mare pentru înălțimea sub 30 m. | |
| | Unghiul de înclinare a masivului, $\alpha$(grade) | $\alpha \geq 70^0$ | |
| | Cantitatea totală de exploziv, necesară dislocării masivului de împușcat, Q (kg) | $Q = (1,1...1,2)q.W_t.h.\ell_T$ | q - consumul specific de exploziv în echivalent-trotil (v.pct.a), kg/m$^3$ ;<br>$\ell_T$ - lungimea totală a galeriei direcționale, m |
| | Cantitatea fizică reală de exploziv, $Q_f$(kg) în echivalent trotil | $Q_f = Q_i + Q_b$ | $Q_i$ - cantitatea de exploziv de inițiere, kg<br>$Q_i = x \cdot \frac{Q}{100}$<br>x=5 pentru cazul folosirii diasmitei ;<br>x=8 pentru cazul folosirii astralitei<br>$Q_b$ - Cantitatea de exploziv de bază, kg<br>$Q_b = Q-Q_i=Q(1 - \frac{x}{100})$ |
| | Cantitatea de exploziv pe metru de galerie, A (kg/m)<br>și pe fiecare latură a T-ului ($Q_{st}$ și $Q_{dr}$) | $A = \frac{Q_f}{\ell_g}$<br>$A = \frac{Q_f}{\ell_T - \ell_b}$<br>$Q_{st} = A \cdot \ell_{st}$ ,<br>$Q_{dr} = A \cdot \ell_{dr}$<br>$Q_{st} + Q_{dr} = Q_f$ | $\ell_g$ - lungimea totală de galerie care se încarcă cu exploziv, m<br>$\ell_g = \ell_{st} + \ell_{dr}$,<br>$\ell_{st}$ și $\ell_{dr}$ - lungimile laturilor T-ului care se încarcă cu exploziv, m<br>$\ell_b$ - lungimea bursajului din gal.direcțională.<br>Acesta trebuie să fie de minim 2 m de o parte și de alta a gal.transversale care se va bura și ea. |
| | Gradul de umplere a galeriei cu exploziv, $q_u$(%) | $q_u = \frac{A}{10.S.\Delta} > 50$<br>Dacă $q_u \leq 50$ % se micșorează secțiunea liberă a galeriei prin umplerea cu buraj a golului neîncărcat | S - secțiunea galeriei direcționale, m$^2$ ;<br>$\Delta$ - densitatea de încărcare a explozivului, kg/dm$^3$. |

pozitive. Aceasta este redată în tabelele 1 și 2. În urma experimentărilor efectuate pe unele șantiere din țară ea s-a dovedit corectă și simplu de folosit;

— extinderea extragerii cu explozivi amplasați în găuri de sondă, precum și optimizarea parametrilor de forare-împușcare au condus la diminuarea procentului de supragabarite și încadrarea materialului derocat în clasele granulometrice impuse de utilajele din fluxul tehnologic;

— în marile cariere, asigurarea ritmică a volumelor de masă minieră necesare realizării producției planificate, este posibilă fie prin utilizarea unor cantități mari de exploziv la o împușcare, fie prin creșterea numărului de împușcări. Acest lucru presupune o activitate seismică deosebită în zonele respective. Ca urmare, în ultimii ani, în atenția colectivului a stat și studierea efectului seismic al lucrărilor de împușcare efectuate în mai multe cariere din țara noastră (Roșia Poieni, Anina, Moldova Nouă, Călimani ș.a.), atît asupra obiectivelor de la suprafață, cît și a celor subterane. Prin măsurarea parametrilor oscilațiilor seismice, generate de explozivi, s-au dimensionat mărimile încărcăturilor de exploziv pe trepte de întîrziere, intervalul de întîrziere dintre încăr-

cături și cantitatea totală de exploziv care poate fi utilizată în vederea asigurării seismoprotecției obiectivelor amintite (fig. 2).

Avînd în vedere necesitatea sporirii capacităților de producție, precum și ritmurile înalte de dezvoltare a industriei miniere, se impune

- elaborarea unui normativ privind evaluarea efectului seismic al lucrărilor de împușcare efectuate în carierele din țara noastră;
- perfecționarea spărgătoarelor mecanice, de construcție românească, în scopul înlocuirii totale a explozivilor pentru sfărîmarea secundară.

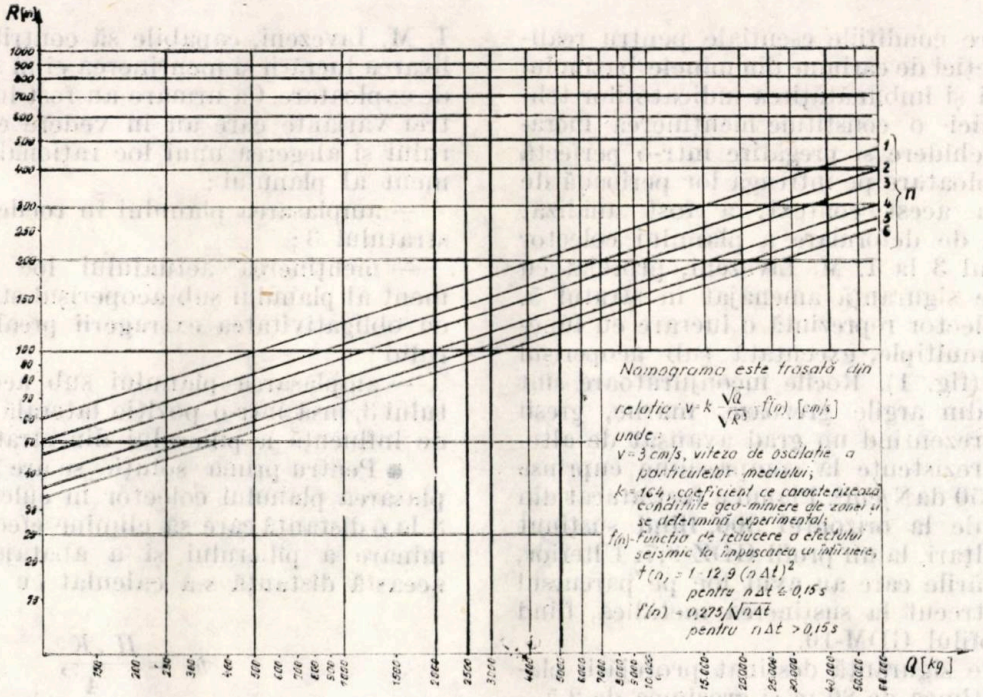



Fig. 2. Nomogramă de calcul al cantității de exploziv ($Q$, kg), pe treapta de întîrziere ($n = 1, \ldots, 6$, cu $\Delta t = 60$ ms) în funcție de distanța ($R$, m) pînă la obiectiv.

celor care lucrează în cercetare și în producție să-și orienteze preocupările, în următorii ani, spre rezolvarea următoarelor probleme:

- extinderea folosirii procedeului de derocare cu explozivi amplasați în găuri de sondă;
- extinderea metodelor speciale de împușcare în mediu comprimat și cu conturarea prealabilă a masivului de derocat în vederea îmbunătățirii granulometriei, reducerii efectului seismic, asigurării unei geometrii mai bune a treptelor și creșterii gradului de stabilitate a acestora;
- elaborarea unor noi rețete de explozivi care să completeze gama explozivilor rezistenți la apă;
- crearea unor noi mijloace de inițiere de tipul capselor electrice cu înaltă intensitate de funcționare, precum și a unor noi tipuri de relee de întîrziere cu dublu sens de transmisie a detonației;
- generalizarea inițierii cu intervale de întîrziere milisecundă;
- perfecționarea metodologiei de stabilire a parametrilor lucrărilor de împușcare și introducerea acesteia pe un sistem de calcul electronic;

**Bibliografie**


[1] Fodor, D., Georgescu, M., Rotunjanu, I. *Considerații privind derocarea cu găuri de sondă în cariere.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 6 și nr. 7, 1974.

[2] Fodor, D., Georgescu, M. *Unele aspecte privind granulometria masei de roci extrase prin lucrări miniere la zi.* Lucrările științifice ale I.M.P., vol. XV, fascicula a II-a, 1983.

[3] Fodor, D. ș.a. *Probleme actuale privind derocarea în cariere cu explozivi amplasați în găuri de sondă.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 8, 1985.

[4] Fodor, D. ș.a. *Elaborarea unei metodologii de stabilire a parametrilor lucrărilor de împușcare în cariere.* Lucrările științifice ale I.M.P., vol. XIX, fascicula a II-a, 1987.

[5] Fodor, D., Georgescu, M., Zaporojan, M. *O relație de calcul al consumului specific de exploziv.* Lucrările științifice ale I.M.P., vol. XIX, fascicula a II-a, 1987.

[6] Fodor D., Zaporojan, M., Georgescu, M. *Stabilirea parametrilor lucrărilor de împușcare cu explozivi amplasați în camere de minare sau galerii de minare.* Lucrările științifice ale I.M.P., vol. XIX, fascicula a II-a, 1987.

[7] Fodor, D., Georgescu, M., Zaporojan, M. *Extragerea cu explozivi în cariere.* Mine, Petrol și Gaze, nr. 4, 1988.

[8] Popa, A., Fodor, D. *Procedee de extragere. Manualul inginerului de mine.* Vol. III, Ed. Tehnică, București, 1986.

[9] Tat, S., Zaporojan, M., Fissgus, K. *Explozivi și tehnica împușcării în industrie.* Ed. Tehnică, București, 1985.

[10] * * * *Norme de protecția muncii în exploatările miniere la zi.* Ediția 1983.

# Eficiența protejării lucrărilor de deschidere și pregătire cu pilieri de siguranță în minele din Valea Jiului

Prof. dr. ing. **N. Lețu**, șef lucr. dr. ing. **E. Marica**,
șef lucr. ing. **Iuliana Lețu**, șef lucr. ing. **C. Semen**

Una dintre condițiile esențiale pentru realizarea producției de cărbune din minele bazinului Valea Jiului și îmbunătățirea indicatorilor tehnico-economici o constituie menținerea lucrărilor de deschidere și pregătire într-o perfectă stare de exploatare pe întreaga lor perioadă de serviciu. În acest context, a fost analizat mecanismul de deformare a planului colector de pe stratul 3 la I. M. Livezeni, protejat cu un pilier de siguranță amenajat în stratul 5.

Planul colector reprezintă o lucrare cu funcționalități multiple, executată sub acoperișul stratului 3 (fig. 1). Rocile înconjurătoare sînt constituite din argile grezoase, marne, gresii nisipoase, prezentînd un grad avansat de alterare și cu rezistențe la compresiune cuprinse între 80 și 450 daN/cm². Planul a fost atacat din magistrala de la orizontul 300, fiind susținut inițial în bolțari, la un profil GDZ-9,7. Ulterior, după rearmările care au avut loc pe parcursul anilor, s-a trecut la susținerea metalică, fiind adoptat profilul GDM-10.

Pilierul de siguranță destinat protejării planului are lățimea de 80 m și grosimea de 2,5—3 m, fiind situat în acoperiș la o distanță de 55 m pe normală față de stratul 3 (fig. 2).

În cursul lunilor aprilie—iulie 1988 a fost înregistrată cea mai intensă deformare a rocilor înconjurătoare — îndeosebi în zona mediană a planului — unde convergența tavanului, umflarea vetrei și deplasarea pereților au depășit 0,8—1,4 m, devenind necesară reprofilarea întregului contur (fig. 3).

Stadiul avansat de deformare a planului se datorește influenței simultane a cîtorva factori, și anume acțiunea distructivă a pilierului, roci fisurate cu rezistențe mecanice scăzute și concentrarea unui număr mare de lucrări miniere pe o suprafață limitată, cu acțiune de subminare sau supraminare reciprocă, din care însă rolul determinant l-a avut pilierul de siguranță. În loc să exercite o acțiune de protejare, pilierul a acționat asupra planului ca o forță concentrată activînd astfel formarea unor tensiuni și presiuni de reazem cu efect de supraminare care au intensificat deplasarea rocilor pe verticală și pătrunderea lor în profilul lucrării (fig. 4). Activarea procesului de mișcare a rocilor, asociat cu acțiunea tensiunilor, a determinat deformarea întregului profil la valori care au depășit capacitatea de culisare, ca și portanța actualelor susțineri (fig. 3). Plecînd de la această stare a lucrării, a reieșit necesitatea găsirii unor procedee tehnice de protejare adecvate condițiilor geominiere de la I. M. Livezeni, capabile să contribuie la stabilizarea lucrării și menținerea ei în stare normală de exploatare. Ca urmare au fost luate în studiu trei variante care au în vedere evitarea pilierului și alegerea unui loc rațional de amplasament al planului :

— amplasarea planului în rocile din culcușul stratului 3 ;

— menținerea actualului loc de amplasament al planului sub acoperișul stratului 3, dar cu obligativitatea extragerii prealabile a pilierului ;

— amplasarea planului sub acoperișul stratului 3, însă într-o poziție laterală față de zona de influență a pilierului din stratul 5 .

● Pentru prima soluție se are în vedere amplasarea planului colector în culcușul stratului 3 la o distanță care să elimine efectul de supraminare a pilierului și a abatajelor. Teoretic această distanță s-a calculat cu expresia [1] :

$$h_s = \frac{H \cdot K}{4}, \qquad (1)$$

în care :

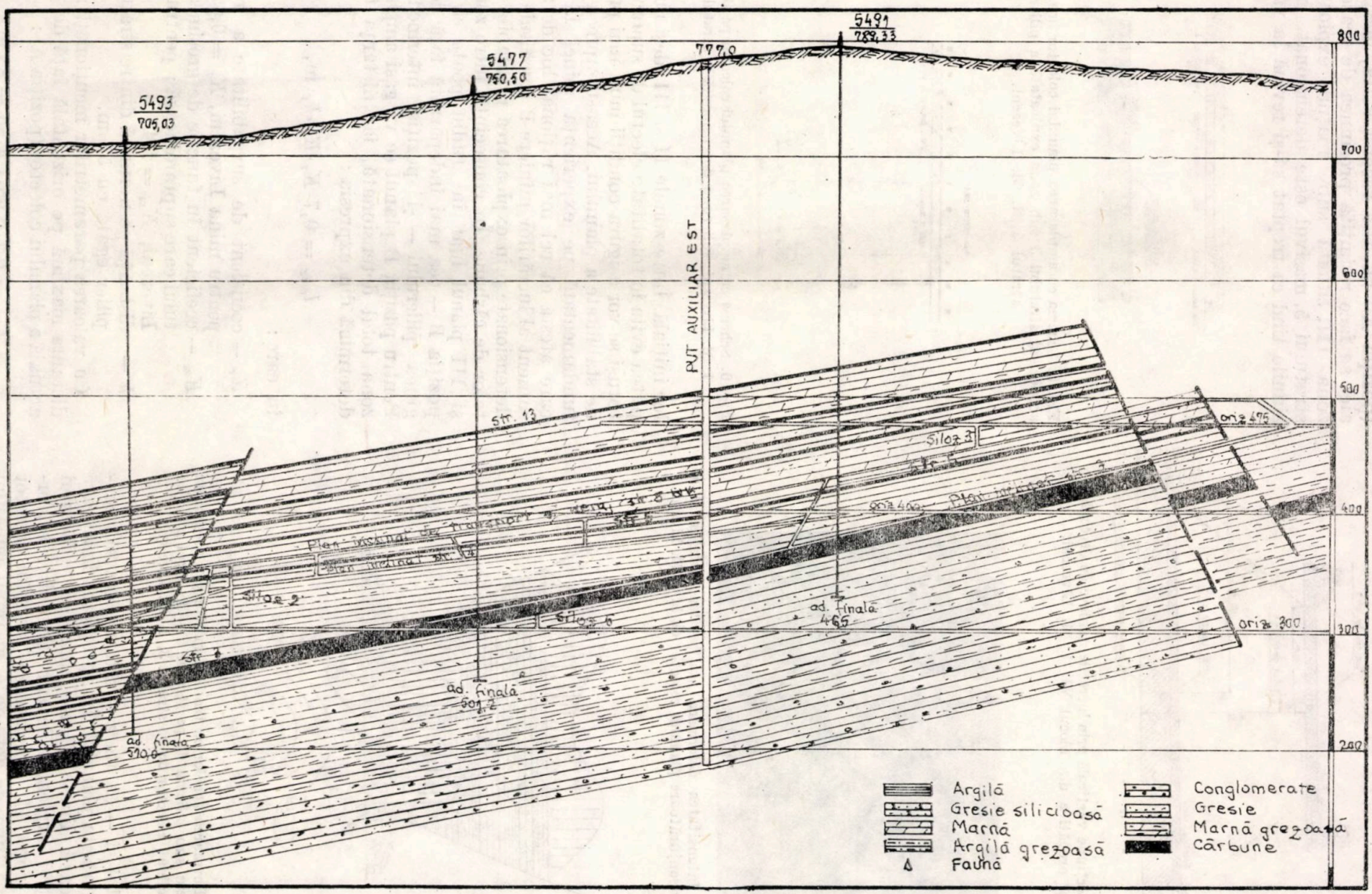
$H$ este adîncimea de cantonare a stratului, m ;

$K$ — coeficient în funcție de stabilitatea rocilor înconjurătoare.

Pentru rocile instabile din perimetrul minei Livezeni, $K = 0{,}6$. Acceptînd $H = 250$ m și $K = 0{,}6$, rezultă $h_s = 37$ m. Din considerente economice și geomecanice, planul poate fi amplasat în pachetul de gresii situate la 30 m în culcușul stratului 3, a căror rezistență la compresiune este în medie de 430 daN/cm².

● A doua variantă (fig. 5) se referă la menținerea planului în rocile de sub acoperișul stratului 3 similară cu cea existentă, dar cu obligativitatea extragerii prealabile a pilierului, cu scopul de a se crea o zonă detensionată între stratele 3 și 5. Prin exploatarea pilierului se atenuează formarea tensiunilor și presiunilor de reazem, eliminîndu-se astfel acțiunea distructivă asupra lucrării.

● A treia variantă prevede situația potrivit căreia pilierul din stratul 5 nu va fi extras. Într-o asemenea situație, planul colector va trebui amplasat la o anumită distanță pe orizontală față de marginea pilierului, și anume înspre zona exploatată a stratului 5. Zona de influență a supraminării pilierului are un caracter similar cu cel prezentat în figura 6. În zona I acționează presiunile de reazem ale


5493
705,03
5477
750,50
777,0
5491
789,33
800
700
600
500
400
300
200
PUT AUXILIAR EST
str. 13
Strat inclinat str. 6
Strat inclinat str. 5
Strat inclinat str. 4
Strat inclinat str. 3
Strat inclinat str. 2
Strat inclinat str. 1
Strat inclinat str. 0
Strat inclinat str. 00
Strat inclinat str. 000
Strat inclinat str. 0000
Strat inclinat str. 00000
Strat inclinat str. 000000
Strat inclinat str. 0000000
Strat inclinat str. 00000000
Strat inclinat str. 000000000
Strat inclinat str. 0000000000
Strat inclinat str. 00000000000
Strat inclinat str. 000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
Strat inclinat str. 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

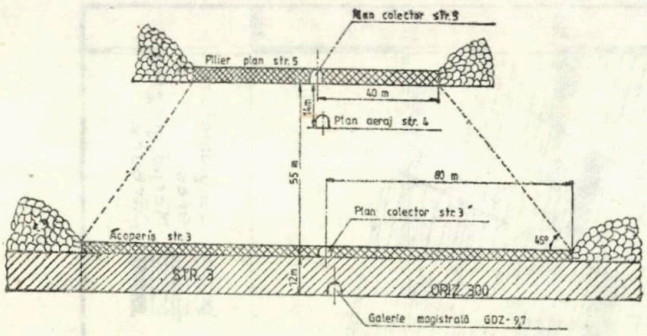



Fig. 2. Secţiune verticală prin lucrările miniere de deschidere şi pregătire din blocul VI, I. M. Livezeni.

Fig. 3. Intensitatea deformării susţinerilor metalice şi a rocilor înconjurătoare planului colector de la I. M. Livezeni.

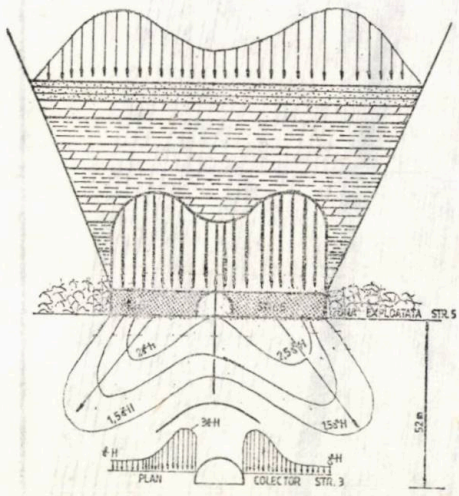



Fig. 4. Formarea zonelor cu tensiuni mărite şi a presiunilor de reazem sub pilierul de pe stratul 5 şi în jurul planului înclinat colector de pe stratul 3, I. M. Livezeni.

pilierului şi — ca atare — este neadecvată pentru siguranţa planului. În apropierea liniei care marchează limita dintre marginea pilierului şi spaţiul exploatat de sub stratul 5 se formează zona II. Amplasarea planului colector chiar pe linia de acţiune a marginii pilierului (poziţia A') nu este recomandată, deoarece şi aici se face resimţită presiunea de reazem. În zona III, situată sub spaţiul exploatat al stratului 5, masivul este detensionat, iar tensiunile tind ca treptat să-şi revină la valoarea

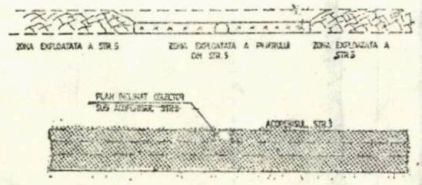


Fig. 5. Schema cu amplasarea planului colector în rocile de acoperişul stratului 3 sub zona exploatată a pilierului din stratul 5, I. M. Livezeni.

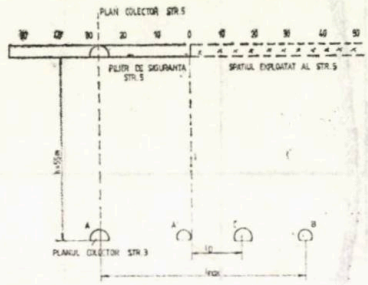


Fig. 6. Schema cu amplasarea planului colector pe stratul 3, I. M. Livezeni, sub zona detensionată a stratului 5.

lor iniţială. Între zonele II şi III, deşi nu se va putea evita în totalitate efectul de supraminare, totuşi se vor asigura condiţii mult mai prielnice de stabilitate a planului. Această apreciere este fundamentată pe experienţa minei Livezeni, care atestă că cel mai raţional loc de amplasament al lucrărilor miniere îl constituie zonele detensionate prin exploatarea prealabilă a stratelor de cărbune. În consecinţă, între zonele II şi III planul luat în studiu poate să ocupe poziţia B — cea mai îndepărtată faţă de marginea pilierului — şi poziţia intermediară C. Pentru poziţia B planul se va găsi amplasat în zona total detensionată, iar distanţa $l_{max}$ se determină din expresia :

$$l_{max} = 0{,}7 \cdot K_r \cdot K_m \cdot h, \text{ m}, \qquad (2)$$

în care :

$K_r$ — coeficient de surpabilitate a rocilor; pentru mina Livezeni, $K_r = 0{,}65$ ;

$K_m$ — coeficient în funcţie de grosimea stratului care supramineză ; pentru I. M. Livezeni, $K_m = 1{,}4$ ;

$h$ — distanţa pe normală dintre stratul 3 şi pilier egală cu 55 m.

Cu valoarea parametrilor menţionaţi rezultă distanţa maximă pe orizontală faţă de poziţia actuală a planului colector (poziţia A) :

$$l_{max} = 0{,}7 \cdot 0{,}65 \cdot 1{,}4 \cdot 55 = 35 \text{ m}.$$

Se apreciază că între punctele *C* și *B* planul nu va prelua efectul presiunilor de reazem, iar stabilitatea lui va fi asigurată de prezența zonei, în care detensionarea este maximă. Variantele propuse elimină deficiențele actuale cauzate de efectul distructiv al pilierului din stratul 5.

### Concluzii

**1.** Măsurările experimentale, ca și analizele efectuate în cursul anului 1988 au confirmat că pilierul de siguranță al planului colector de la I. M. Livezeni nu reprezintă un mijloc eficient de protejare, întrucît preia toate eforturile masivului de rocă, pe care le transmite sub formă de forțe concentrate asupra lucrării luate în studiu.

**2.** Efectul distructiv al pilierului din stratul 5 se extinde în culcuș pînă la o distanță de 50—60 m, dovedită de starea avansată de deformare a planului colector de pe stratul 3.

**3.** Cele trei soluții de amplasament al planului colector, propuse pentru a fi luate în studiu, întrunesc condiția de a fi aplicate la I. M. Livezeni, întrucît elimină preluarea presiunilor de reazem și a tensiunilor formate în culcușul pilierului.

**4.** Prima variantă care prevede amplasarea planului în rocile grezoase din culcușul stratului 3 trebuie asociată cu extragerea prealabilă a pilierului din stratul 5, deoarece astfel se evită acțiunea distructivă a presiunilor de reazem asupra lucrărilor de pregătire din panourile în exploatare.

**5.** Varianta a doua, cu menținerea planului sub acoperișul stratului 3, dar cu obligativitatea extragerii prealabile a pilierului, prezintă avantajul că nu modifică actuala rețea a lucrărilor de pregătire și poate fi aplicată în cel mai scurt timp. Prin extragerea prealabilă a pilierului, deasupra planului se creează o zonă detensionată cu efecte favorabile asupra stabilității tuturor lucrărilor miniere.

**6.** Varianta a treia, care prevede menținerea pilierului, dar cu amplasarea planului sub zona exploatată a stratului 5 la 35 m pe orizontală față de marginea pilierului, protejează numai planul colector, dar nu și lucrările de pregătire din panourile aflate în exploatare.

### Bibliografie


[1] Kuzmici, A. S. *Amplasarea lucrărilor de deschidere la exploatarea zăcămintelor de cărbuni.* Ed. Nedra, Moscova, 1981.

[2] Melnikov, O. I. *Alegerea locului de amplasare a lucrărilor supraminate.* Ugoli Ukrainî, nr. 8, 1988.


---

# Stabilirea grosimii optime a susținerii lucrărilor miniere verticale pentru condițiile adîncimilor mari din bazinul Valea Jiului


Prof. dr. ing. **N. Leșu**, conf. dr. ing. **C. Hirian**,
conf. dr. ing. **Maria Hirian**, șef lucr. dr. ing. **A. Todorescu**,
asist. ing. **V. Gaiducov**, asist. ing. **V. Arad**, asist. ing. **C. Zăvoianu**


## I. Introducere

Creșterea adîncimii de exploatare înrăutățește condițiile de stabilitate a excavațiilor subterane, determinînd supradimensionarea grosimii și portanței susținerii, ceea ce conduce la creșterea consumului de materiale și a costului acesteia. Pentru condițiile din bazinul Valea Jiului, pînă în anul 1990 trebuie să fie executat un mare număr de puțuri, din care 13 la adîncimi cuprinse între 600 și 1 000 m.

La aceste adîncimi, unde rocile argiloase și cele marnoase au trecut din domeniul comportamentului elastic în domeniul comportamentului neelastic, susținerea trebuie astfel dimensionată încît să asigure o stabilitate și fiabilitate corespunzătoare a puțurilor pe toată durata lor de funcționare.

Plecînd de la aceste considerente, lucrarea își propune ca, pe baza cunoașterii caracteristicilor geomecanice ale rocilor, să elucideze mecanismul interacțiunii dintre rocă și susținere și să determine, într-o variantă nouă, tipul și grosimea rațională a susținerii puțurilor de la minele din bazinul Valea Jiului.

## II. Caracterizarea geomecanică a rocilor studiate

În scopul elucidării condițiilor geomecanice, au fost luate în studiu rocile aferente sondei ax de la puțul Lonea Pilier și sondei ax de la puțul Iscroni, pentru care au fost determinate caracteristicile fizice, mecanice, elasto-plastice și reologice. Pe lîngă principalele caracteristici prevăzute în metodologia de lucru a B.I.M.R.* s-au mai determinat: coeficientul de slăbire structurală, coeficientul *R.Q.D.*, caracteristicile

* Biroul Internațional de Mecanica Rocilor

*Tabelul 1*

**Presiuni determinate cu diferite relații teoretice**

| Denumirea ip otezei și autorul | Relația de calcul a presiunii | Semnificația simbolurilor | Adîncimea la care se calculează presiunea, m | Valoarea presiunii, daN/cm² | | | | Domeniul de aplicare |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | argilă șistoasă | argilă grezoasă | gresii | marne | |
| M.M. Protodiakonov | $p = \lambda \gamma_a \cdot H$<br>$\lambda = \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$<br>$\varphi = \operatorname{arc\,tg} f$ sau $\operatorname{arc\,tg} f_{med}$<br>$p = \gamma_a \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $\gamma_a$ — greutatea specifică aparentă a rocilor<br>$H$ — adîncimea la care se calculează presiunea<br>$\varphi$ — unghiul de frecare int. a rocilor<br>$f$ — coef. de tărie a rocilor după Protodiakonov | 500 | 15,3 | 16,1 | 13 | 11,7 | Pentru cazul adîncimilor mici, cu roci cu $f$=4—5 |
| | | | 700 | 21,4 | 23,6 | 18,2 | 16,4 | |
| | | | 1000 | 30,6 | 32,2 | 26 | 23,4 | |
| P.M. Țimbarevici | $p = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i h_i \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\beta}{2}\right)$ | $\beta$ — unghiul de rezistență interioară | 500 | 15,3 | 16,1 | 13 | 11,7 | Pentru cazul rocilor stratificate de rezistență redusă |
| | | | 700 | 21,4 | 23,6 | 18,2 | 16,4 | |
| | | | 1000 | 30,6 | 32,2 | 26 | 23,4 | |
| A.N. Dinik | $p = \frac{\mu}{1-\mu} \gamma_a \cdot H$ | $\mu$ — coeficientul lui Poisson | 500 | 49 | 35 | 31,8 | 24,7 | Pentru rocile rezistente, cu un comportament apropiat de cel elastic |
| | | | 700 | 68,5 | 49 | 44,5 | 34,6 | |
| | | | 1000 | 78 | 70 | 63,6 | 49,4 | |
| Fritz-Mohr | $p = \frac{\gamma_a H}{2(k-1)}[k + (k-2)\cos 2\theta]$<br>$k = \frac{2}{1 - \sin\varphi}$ | $\varphi$ — unghiul de frecare interioară | 500 | 12,5 | 12,5 | 12,8 | 13 | În aceleași situații ca la ipoteza lui Fenner—Labasse |
| | | | 700 | 18,2 | 18,2 | 18 | 18,2 | |
| | | | 1000 | 25 | 25 | 25,6 | 26 | |
| Modelul elastic de interacțiune | $p = k\gamma_a H$; $p = \frac{\lambda \gamma_a H \cdot \alpha^*}{A_s \frac{G}{G_s} + 1}$<br>$A_s = \frac{c^2(1-2\mu s)+1}{c^2-1}$ $C = \frac{a_1}{a_0}$;<br>$\alpha^* = e^{-\alpha_1 \frac{l}{a_1}}$ | $G$ — modul de forfecare a rocii<br>$G_s$ — modul de forfecare a betonului<br>$A_s$ — caracteristica de lucru a susținerii<br>$a_1$ — raza exterioară a susținerii<br>$a_0$ — raza interioară a susținerii<br>$\alpha_1$ — coeficientul experimental = 0,3<br>$l$ — distanța dintre frontul de săpare și tronsonul în care se face susținerea<br>$\lambda$ — coef. de împingeri laterale | 500 | $l$ = 2,5m | 7,1 | 5,8 | 4,6 | 3,8 | Rocile sînt neomogene, puțul se execută prin forare, la aplicarea schemei concomitente cu cofraj mobil |
| | | | | $l$=4 m | 6,1 | 4,9 | 4 | 3,3 |
| | | | 700 | $l$=2,5m | 9,9 | 8,1 | 6,5 | 5,4 |
| | | | | $l$=4 m | 8,5 | 6,9 | 5,5 | 4,6 |
| | | | 1000 | $l$ = 2,5m | 14,2 | 11,6 | 3,3 | 7,7 |
| | | | | $l$=4 m | 12,2 | 9,2 | 8 | 6,6 |

| | $\gamma_a$ | $\mu$ | $\lambda$ |
|---|---|---|---|
| Argile șistoase | 2,5 | 0,26 | 0,35 |
| Argile grezoase | 2,55 | 0,23 | 0,25 |
| Marne | 2,6 | 0,18 | 0,22 |
| Gresii | 2,7 | 0,15 | 0,176 |

$a_1 = 3$ m; $a_0 = 2{,}5$ m; $c = 1{,}2$ m;
$\mu_s = 0{,}2$
$G = 11\,250$ MPa, $G_s = 12\,500$ MPa

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Modelul visco-elastic de interacțiune | $p = \frac{\lambda \gamma_a H \alpha^*}{A\frac{G_t}{G_s} + 1}$; $G_t = \frac{G}{1 + \frac{3\Phi}{2(1+\mu_t)}}$<br>$\gamma_a = 2{,}6$; $\mu = 0{,}18$; $\lambda = 0{,}22$<br>$t = 1\,000$ zile<br>$\delta = 0{,}00445^{-03}$; $l = 2{,}5$; $\alpha = 0{,}852$<br>$G_t = 7\,401$; $\Phi = 0{,}444$; $\mu_t = 0{,}28$ | $\Phi$ – funcția fluajului rocilor<br>$\delta\ \alpha$ – caracteristici ale fluajului rocilor obținute experimental<br>$\Phi = \frac{\delta_0 t^{(1-\alpha)}}{1-\alpha}$<br>$\mu_t = 0{,}5 - \frac{0{,}5-\mu}{1+\Phi}$ | 500<br>700<br>1000 | –<br>–<br>– | –<br>–<br>– | 6,4<br>9,05<br>12,78 | –<br>–<br>– | Condiții similare ca și în cazul precedent, cu deosebirea că se ține cont și de comportamentul reologic al rocilor și al susținerii |
| Modelul rigido-plastic | $p = k\frac{\gamma_a \cdot a_1}{f}$ | $a_1$ – raza puțului în săpare<br>$k$ – coef. empiric în funcție de tehnologia de săpare; în cazul aplicării tehnologiei cu cofraj glisant $k = 5$<br>$f$ – coef. de tărie a rocilor după Protodiakonov | | 3,7 | 1,9 | 0,9 | 0,67 | Roci friabile sau puternic fisurate și fracturate |
| Modelul elasto-plastic de interacțiune Fenner-Labasse | $p = \sigma_x(1 - \sin\varphi)\left(\frac{a}{b}\right)^{j-1}$<br>$\sigma_x = \frac{\mu}{1-\mu}\gamma_a \cdot H$<br>$j = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$ | $a$ – raza puțului<br>$b$ – raza zonei deformațiilor neelastice | 500<br>700<br>1000 | 11,3<br>15,7<br>22,6 | 8,4<br>11,75<br>17,2 | 6,36<br>18,9<br>12,72 | 4,35<br>6,25<br>8,9 | Cînd rocile traversate de puț dispun de o oarecare coeziune sau forță de frecare cu valori apreciabile |

de dilatanță etc. Datorită multitudinii de date obținute, prelucrarea lor s-a făcut pe calculator.

Din analiza valorilor medii rezultă următoarele :

— aproximativ 50% din totalul rocilor cuprinse în coloana stratigrafică pentru adîncimi pînă la 1 000 m sînt roci cu rezistențe reduse (80—400 daN/cm²), marne, argile, șisturi ;

— luînd în considerare coeficientul de slăbire structurală, rezultă o scădere de rezistență între 13 și 50% ;

— în contactul cu apa aceste roci suferă variații mari de volum ;

— presiunile cele mai mari asupra susținerii puțurilor verticale vor fi generate în zonele în care puțurile străbat pachete de strate argiloase, marnoase sau de șisturi.

## III. Presiunea asupra lucrărilor miniere verticale

Pentru studiul presiunii asupra lucrărilor miniere verticale au fost luate în considerare valorile medii ale caracteristicilor rocilor determinate în laborator, iar ca relații de calcul pentru dimensionarea susținerii au fost utilizate atît relațiile clasice, cît și relațiile care iau în considerare interacțiunea dintre rocă și susținere. Calculele au fost efectuate pentru adîncimi de 500 ; 700 și 1 000 m, iar rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 1.

## IV. Dimensionarea grosimii susținerii din beton a puțurilor

Pe baza datelor obținute din studiul presiunilor și luînd în considerare relațiile de calcul referitoare la grosimea susținerii din beton pentru lucrările miniere verticale, au rezultat datele din tabelul 2. Din datele acestui tabel rezultă că pentru adîncimi ale lucrărilor miniere verticale care depășesc 500 m, indiferent de relația de calcul aplicată, rezultă grosimi mari ale susținerii, depășind chiar 100 cm la adîncimea de 1 000 m.

În concordanță cu motivațiile arătate, s-a trecut la dimensionarea susținerii prin prisma interacțiunii dintre rocă și susținere.

Pentru alegerea corectă a tipului susținerii și a dimensiunii acesteia, în contextul interacțiunii dintre rocă și susținere este necesar să cunoaștem cantitatea $x'$ cu care roca se deformează spre golul creat după săparea puțului. Mărimea acestei deformații poate fi stabilită cu relația :

$$x' = r_a - \sqrt{b^2 - (b^2 - r_a^2)\frac{1-e_1}{1-e}} .$$

*Tabelul 2*

**Grosimea susținerii din beton, după diferite relații de calcul prin prisma presiunii uniform distribuite**

| Autorul | Relația de calcul a grosimii susținerii | Adîncimea pentru care se calculează, m | Grosimea susținerii, cm | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | autorul după care s-a calculat presiunea | | |
| | | | Țimbarevici | Pavlov | Labasse |
| Lame | $d = r_0\left(\sqrt{\frac{\sigma_c}{\sigma_c - 2p}} - 1\right)$ | 500 | 50 | 45 | — |
| | | 700 | 80 | 75 | — |
| | | 1 000 | 147 | 137 | — |
| Protodiakonov | $d = \frac{p - r_0}{\sigma_c - p} + \frac{150}{\sigma_c}$ | 500 | 46,5 | 44 | — |
| | | 700 | 69 | 65,5 | — |
| | | 1 000 | 110 | 104 | — |
| Daniel | $d = \frac{pD_0}{2\sigma_c - 3p}$ | 500 | 50 | 45 | — |
| | | 700 | 80 | 75 | — |
| | | 1 000 | 147 | 137 | — |
| Labasse | $d = \frac{2\,p\,r_0}{2\sigma_c - 3p}$ | 500 | — | — | 35 |
| | | 700 | — | — | 51 |
| | | 1 000 | — | — | 84 |
| Hudek | $d = r_0\left(\sqrt{\frac{\sigma_c}{\sigma_c - 3p}} - 1\right)$ | 500 | 40 | 37,5 | — |
| | | 700 | 65 | 60 | — |
| | | 1 000 | 113 | 105 | — |

În această relație:

$r_a$ este raza în săpare a puțului;

$b = r_a \frac{2p}{(j+1)\,\sigma_{ra}}$ — raza zonei deformațiilor neelastice formată în jurul puțului;

$p = \sigma_x = \sigma_y = \frac{\gamma_a H}{m-1}$ — valoarea tensiunilor orizontale;

$\gamma_a$ — greutatea specifică aparentă a rocilor;

$H$ — adîncimea la care se calculează mărimea presiunii, a tensiunilor orizontale;

$e = (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)\frac{m-2}{mE}$ — coeficient de compresibilitate a rocilor înainte de săpare;

$e_1 = \frac{1}{2}(\sigma_{x_1} + \sigma_{y_1} + \sigma_{z_1} + \sigma_{x_2} + \sigma_{y_2} + \sigma_{z_2})\frac{m-2}{mE}$ — coeficient de compresibilitate a rocilor după săpare;

$\sigma_z = \sigma_{z1} = \sigma_{z2} = \gamma_a \cdot H$ — tensiuni verticale;

$\left.\begin{aligned}\sigma_{x1} &= \sigma_{ra} + C\\ \sigma y_1 &= (\sigma_{ra} + C)_j\end{aligned}\right\}$ — tensiunile pe periferia puțului;

$\sigma_{ra}$ — reacțiunea susținerii, respectiv solicitarea creată de rocile înconjurătoare;

$C$ — coeziunea rocilor;

$j = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$;

$\varphi$ — unghiul de frecare interioară;

$m$ — constanta lui Poisson;

$E$ — modulul de elasticitate a rocilor;

$\left.\begin{aligned}\sigma_{x2} &= \frac{\gamma_a H}{m-1}(1-\sin\varphi)\\ \sigma_{y2} &= \frac{\gamma_a H}{m-1}(1+\sin\varphi)\end{aligned}\right\}$ — tensiunile din interiorul zonei deformațiilor neelastice

$\varepsilon\,‰ = \frac{r_a - x}{S}$ — deformația corespunzătoare pe care o suferă susținerea cînd roca din jurul puțului s-a deformat radial cu $(r_a - x)$;

$$x = \sqrt{b^2 - (b^2 - r_a^2)\cdot\frac{1-e_1}{1-e}};$$

$S$ — raza centrului de greutate al susținerii.

Pornind de la relațiile de mai sus pot fi trasate curbele tensiune-deformare a rocilor cu comportamente diferite. În cadrul acestui studiu, s-a luat în considerare cazul cel mai nefavorabil — rocile cu cea mai pregnantă tendință de deformare plastică, și anume cazul argilelor șistoase, cu următoarele precizări:

— datorită fisurilor și ruperilor care se produc în rocile din jurul puțului, se poate considera că valoarea coeziunii tinde către zero și ca atare ea nu se va lua în considerare;

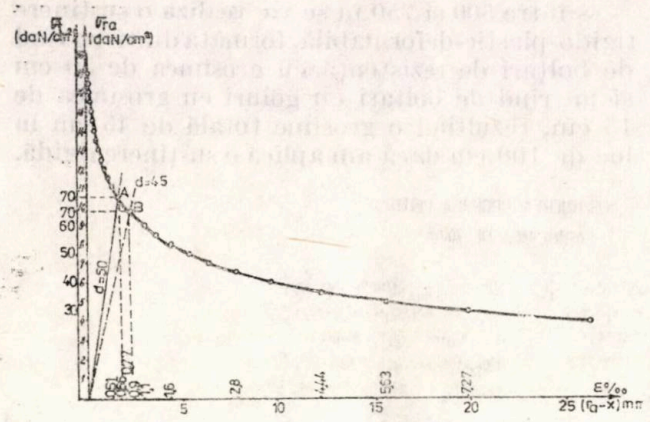


Fig. 1

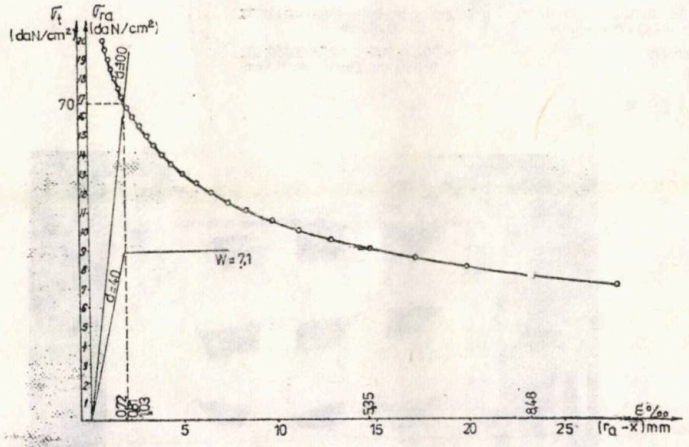


Fig. 2

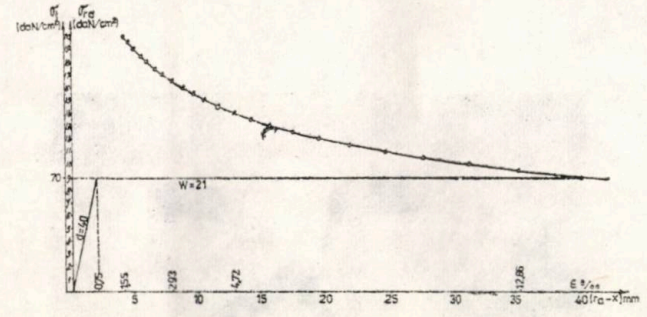


Fig. 3

— unghiul de frecare interioară se va micșora cu 10—30%, ținînd seama de apele care se infiltrează spre golul creat.

Cu ajutorul acestor date și ținînd seama de relațiile de calcul anterioare au fost stabilite, pe calculator, valorile necesare trasării curbelor tensiune-deformare pentru un puț cu diametrul în săpare de 6 m și adîncimi cuprinse între 200 și 1 000 m cu intervale din 50 în 50 m. Curbele interacțiunii dintre rocă și susținere pentru adîncimile de 500; 750 și 1 000 m sînt prezentate în figurile 1;2 și 3.

Fiecare punct al curbei tensiune-deformare arată cît de mare trebuie să fie rezistența unei susțineri pentru a se încadra în deformarea dată de punctul respectiv. Precizăm că o susținere nu poate suporta sarcina reprezentată printr-un punct al curbei, decît dacă susținerea se poate deforma cu o deformație pe care o prezintă punctul respectiv; în caz contrar va fi distrusă. Deoarece susținerea din beton este o susținere rigidă, în anumite situații în locul creșterii considerabile a grosimii susținerii este mai avantajoasă montarea unei susțineri rigide-plastic-deformabile, care să permită o deformare corespunzătoare.

Pentru definirea mai exactă a necesității unei susțineri rigide sau elastice, este necesar să punem de acord sistemul de coordonate a diagramei tensiune-deformare a rocii cu acela al susținerii, prin intermediul relației:

$$\sigma_t = \frac{\sigma_{ra} \cdot r_a}{d} \cdot \frac{S}{r_t},$$

în care:

$\sigma_t$ este tensiunea tangențială maximă care ia naștere în susținere;

$S$ — raza centrului de greutate al susținerii.

Pentru rezolvarea acestei expresii au fost realizate încercări pe bolțari de beton, rezultînd:

Rezistența de rupere la compresiune a betonului $\begin{cases} \sigma_{cm} = 150 \text{ daN/cm}^2; \\ \sigma_{ca} = 100 \text{ daN/cm}^2. \end{cases}$

Deformarea la rupere a betonului $\begin{cases} \varepsilon_m = 1{,}5\,‰; \\ \varepsilon_a = 1{,}00\,‰. \end{cases}$

Considerînd un coeficient de siguranță $s=2$, va rezulta o tensiune de exploatare $\sigma = 50-75$ daN/cm² și o deformație $\varepsilon = 0{,}75‰$.

Cu ajutorul acestor date, care au fost rulate pe calculator, au fost trasate curbele caracteristice de lucru ale susținerilor pentru adîncimi de 200 și 1 000 m, din 50 în 50 m, în lucrare fiind exemplificate aceste caracteristici pentru adîncimile de 500, 750 și 1 000 m (fig. 1; 2 și 3).

În urma trasării acestor dependențe, pentru adîncimi cuprinse între 200 și 500 m, au rezultat grosimi ale susținerii cuprinse între 20 și 50 cm.

La adîncimi mai mari de 500 m, pentru realizarea interacțiunii dintre rocă și susținere, grosimea acesteia ar trebui să crească mult, între 55 cm la adîncimea de 550 m și 145 cm la adîncimea de 1 000 m.

Pentru aceste adîncimi devine mai rațională montarea unei susțineri rigidă-plastic-deformabilă, formată din două strate, și anume un strat de rezistență și un strat plastic-deformabil (fig. 4). Cilindrul plastic deformabil are rolul de a prelua o parte din solicitarea creată asupra

— între 500 și 750 m se va realiza o susținere rigido-plastic-deformabilă, formată dintr-un rînd de bolțari de rezistență cu grosimea de 30 cm și un rînd de bolțari cu goluri cu grosimea de 15 cm, rezultînd o grosime totală de 45 cm în loc de 100 cm dacă am aplica o susținere rigidă.

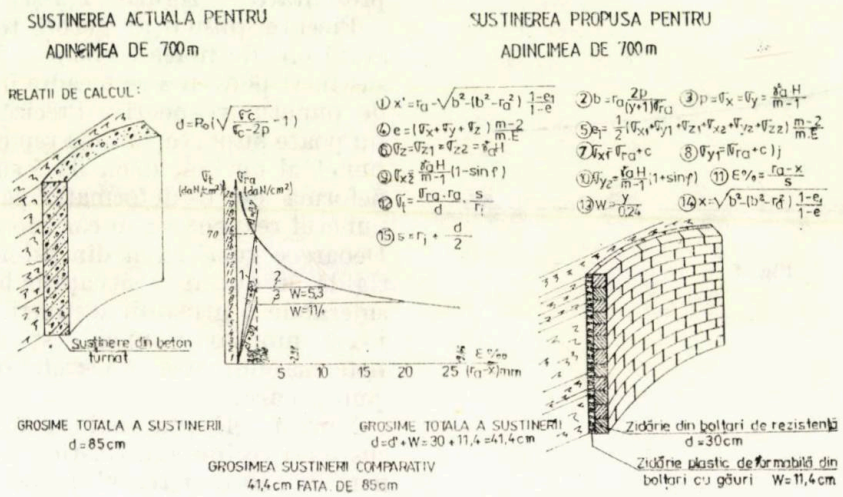



Fig. 4

susținerii, iar prin sfărîmarea treptată preia deformațiile provocate de rocile înconjurătoare, astfel încît cilindrul de rezistență să nu fie solicitat de o forță superioară capacității sale de rezistență. Fisurarea, ruperea și sfărîmarea cilindrului plastic-deformabil trebuie să se producă înainte ca cilindrul de rezistență să fie solicitat peste valoarea tensiunii admisibile, avînd o rezistență de 30—40 daN/cm². De asemenea, el trebuie, ca prin sfărîmare, să permită o tasare corespunzătoare deformării rocilor și care rezultă din diagramele trasate.

Calculele ne-au condus la următoarele rezultate :

- $H = 550$ m; $d = 55$ cm, susținere rigidă;

$d' = d + w = 30 + 4 = 34$ cm, susținere rigido-plastic-deformabilă;

- $H = 750$ m; $d = 100$ cm, susținere rigidă;

$d' = d + w = 40 + 7{,}1 = 47{,}1$ cm, susținere rigido-plastic deformabilă;

- $H = 1\,000$ m; $d = 145$ cm, susținere rigidă;

$d' = d + w = 40 + 21 = 61$ cm, susținere rigido-plastic-deformabilă;

$w$ — grosimea susținerii din bolțari găuriți.

Ținînd seama de tipizarea bolțarilor pentru puțuri verticale, cît și de o tipizare a bolțarilor cu goluri care urmează a se fabrica în serie, propunem următoarele tipuri de susținere :

— pentru adîncimi pînă la 250 m, recomandăm o susținere din beton turnat după procedeul cu cofraj mobil, de 25 cm;

— între 250 și 500 m se alege o susținere realizată după același procedeu cu grosimea de 50 cm;

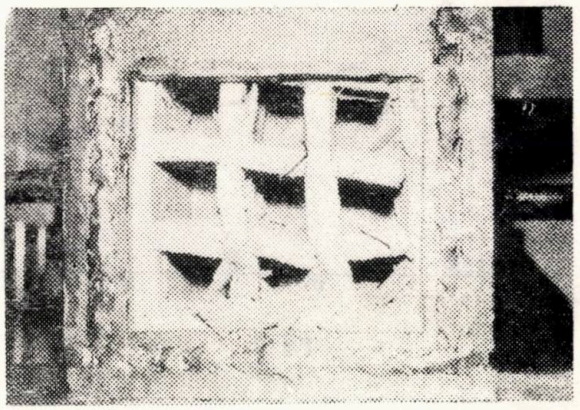


Fig. 5

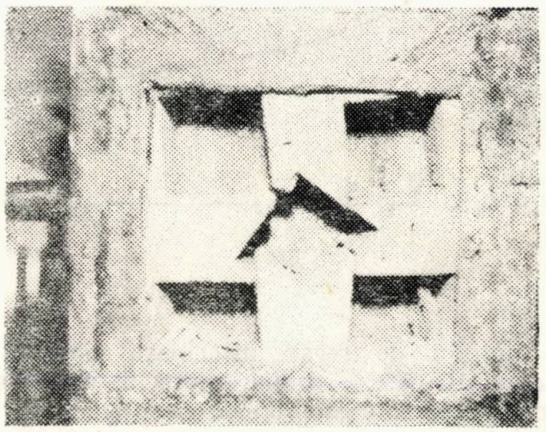


Fig. 6

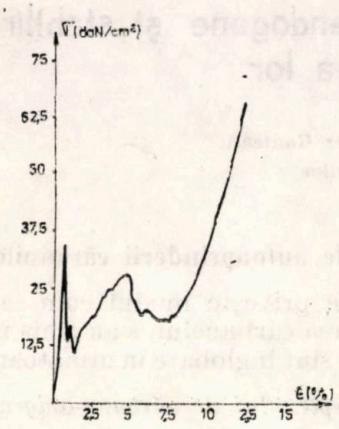



Fig. 7

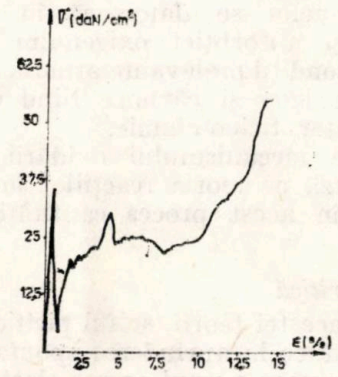



Fig. 8

*Tabelul 3*

**Rezultatele medii obținute în urma încercărilor pe bolțari cu goluri după cele 3 rețete, pentru toate cele 4 variante**

| Rețeta/ varianta | Efort, σ, la apariția primei fisuri, daN/cm² | Efort, σ = ct, daN/cm² | Tasare medie, *h*, mm |
|---|---|---|---|
| 1/1 | 68,75 | 40 | 40 |
| 2/1 | 59 | 46 | 40 |
| 3/1 | 43,75 | 31,25 | 40 |
| 1/2 | 55 | 31,25 | 36 |
| 2/2 | 37,5 | 25 | 35 |
| 3/2 | 22,5 | 21,25 | 37,5 |
| 1/3 | 52,5 | 30 | 47,5 |
| 2/3 | 43,75 | 25 | 47,5 |
| 3/3 | 31,25 | 20 | 47,5 |
| 1/4 | 40 | 18,75 | 50 |
| 2/4 | 18,75 | 18,75 | 50 |
| 3/4 | 17,5 | 12,5 | 50 |

Bolțarii cu goluri trebuie să permită o tasare de aproximativ 15—20 mm, așa cum rezultă din figura 2;

— între 750 și 1 000 m se va realiza o susținere din bolțari de rezistență de 40 cm și un rînd de bolțari cu goluri de 20 cm, rezultînd o grosime totală de 60 cm în loc de 145 cm, dacă proiectăm o susținere rigidă. Tasarea bolțarilor cu goluri pentru această adîncime trebuie să fie de 35—40 mm, așa cum rezultă din figura 3.

În etapa următoare s-a trecut la executarea unei variante de bolțari cu diferite dozaje de ciment și cu diferite procentaje de goluri, pentru a se ajunge la rezistențele și tasările rezultate din calcule.

Astfel au fost încercate trei rețete de beton, fiecare rețetă fiind realizată în patru variante, rezultatele încercărilor fiind prezentate în tabelul 3.

În urma acestor încercări, rezultă că bolțarii realizați după rețeta nr. 3, varianta 1, răspund cel mai bine cerințelor teoretice. Rețeta nr. 3, varianta nr. 1, constă din: ciment $P_{400}$, 275,25 kg/m³; nisip + pietriș (0—10 mm), 1975 kg/m³; apă, 250 l/m³.

În interiorul bolțarului cu grosimea de 200 mm au fost realizate nouă orificii de formă paralelipipedică, cu baza sub formă de pătrat, avînd latura de 37 mm; în interiorul bolțarului cu grosimea de 150 mm au fost realizate șase orificii cu aceleași dimensiuni. Volumul total al golurilor reprezintă aproximativ 30% din volumul total al bolțarului.

Încercările au fost realizate în interiorul unei casete metalice, pe bolțari cu grosimea de 15 și 20 cm. Fazele procesului de sfărîmare-tasare și curbele caracteristice ale acestora sînt prezentate în figurile 5—8.

## Concluzii

Prin aplicarea noului tip de susținere se îmbunătățește procesul de interacțiune dintre rocă și susținere, crește fiabilitatea susținerii, se reduce mult consumul de beton și scade prețul de cost al lucrării.

### Bibliografie

[1] Hirian, C. *Mecanica rocilor*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1981.

[2] Leț u, N., Cărpinișan, D. *Susțineri miniere*. Ed. Tehnică, București, 1973.

[3] Todorescu, A. *Reologia rocilor*. Ed. Tehnică, București, 1986.

[4] * * * Schlagel und Eisen, 1962.

# Bazele teoretice ale prognozării focurilor endogene şi stabilirea de măsuri pentru prevenirea lor

Prof. dr. doc. ing. **Şt. Covaci**, conf. dr. ing. **Zoe Gontean**,
şef lucr. ing. **I. Neag**, asist. ing. **P. Hreniuc**

## Introducere

Una dintre cele mai importante sarcini, puse de partid şi de stat în faţa industriei carbonifere a ţării, este îmbunătăţirea condiţiilor de muncă şi de securitate. În timpul efectuării lucrărilor miniere în minele de cărbuni, din multitudinea de cauze care pot produce avarii sînt şi focurile endogene.

Avînd în vedere consecinţele focurilor endogene — cheltuieli mari pentru stingere, rezerve de cărbune imobilizate, degradarea cărbunelui, cheltuieli cu redeschiderea zonelor de foc şi, uneori, chiar accidente umane — este necesar să se acorde o atenţie foarte mare măsurilor şi acţiunilor de prevenire a focurilor endogene.

## I. Fenomenul autoaprinderii

Autoaprinderea are loc ca rezultat al oxidării la temperatură joasă a cărbunilor. Aceasta este întotdeauna precedată de o autoîncălzire, care are o durată relativ lungă. Autoaprinderea este un proces fizico-chimic foarte complex care depinde de mulţi factori geologici, tehnico-minieri.

Intensitatea oxidării, care va declanşa autoaprinderea, are o legătură directă cu numeroşi factori, dintre care se menţionează:

— cantitatea de oxigen existentă în cărbune;
— cantitatea de oxigen care pătrunde în masa cărbunelui, prin absorbţie;
— starea suprafeţei cărbunelui;
— cantitatea de substanţe volatile din cărbune;
— cedarea căldurii în mediul înconjurător.

Cu cît suprafaţa de contact este mai mare, cu atît oxidarea se produce mai rapid. Rezultă, aşadar, că se autoaprind mai uşor cărbunii aflaţi în stare de pulbere sau sfărîmaţi în fragmente mici.

Starea suprafeţei influenţează fenomenul de autoaprindere prin faptul că absorbţia oxigenului nu se efectuează în cazul în care suprafaţa este acoperită cu molecule de apă în stare absorbită. La unii cărbuni, care în mediu umed formează acizi humici, apa poate favoriza fenomenul de autoaprindere.

Cărbunii din bazinul Valea Jiului au o predispoziţie foarte mare la autoaprindere, după studii şi statistici această predispoziţie creşte de la vestul bazinului spre est.

## II. Teoriile autoaprinderii cărbunilor

În ceea ce priveşte modul cum se produce autoaprinderea cărbunelui, s-au emis mai multe ipoteze, care sînt înglobate în următoarele teorii.

*Teoria complexului de cărbune-oxigen*

Dintre teoriile emise, cea care şi-a găsit o acceptare mai generală admite că autoaprinderea cărbunelui se datorează, în principiu, adsorbţiei şi absorbţiei oxigenului de către cărbune în condiţii prelevante atmosferice, reacţia dintre oxigen şi cărbune fiind exotermă, avînd caracter fizico-chimic.

Explicaţia mecanismului oxidării cărbunelui se bazează pe teoria reacţiilor în lanţ, eliberîndu-se în acest proces cantităţi mici de căldură.

*Teoria piritică*

Conform acestei teorii, sulful piritic conţinut în cărbune duce la aprinderea spontană a cărbunilor ca urmare a unui proces electro-chimic, în care sulful are rol de generator de potenţial, determinînd apariţia fenomenelor de oxido-reducere.

Reacţia exotermă de oxidare a piritei are loc în prezenţa apei din cărbune.

*Teoria catalizei biologice*

Cercetările au arătat că un rol important în pornirea şi dezvoltarea proceselor de autoîncălzire, prin energia cedată la anabolism şi reproducere, îl au şi bacteriile. Acestea sînt capabile să oxideze sulful piritic pînă la acid sulfuric, care la rîndul lui determină formarea grupărilor sulfonice cu proprietăţi de schimburi de ioni, ceea ce poate avea rol hotărîtor în autoaprindere.

*Teoria fenolică*

Este o teorie cunoscută, dar mai puţin acceptată, conform căreia autoaprinderea cărbunelui are loc ca urmare a existenţei în cărbune a grupărilor fenolice, capabile de interacţiune energică cu oxigenul, determinînd prin aceasta dezvoltarea procesului exotermic de oxidare.

*Teoria punctelor critice*

Conform acestei teorii, se admite că în masivul de cărbune pot avea loc concentrări de anumite elemente petrografice cu sau fără participarea piritei. În condiţii prielnice unei oxidări interne se poate ajunge la autoaprinderea cărbunelui.

După teoriile enumerate ale autoaprinderii, care reflectă o latură sau alta a oxidării, nu este posibil a se judeca autoaprinderea în întregime, rolul principal în autoaprindere revenind proceselor transmiterii de căldură și transport de masă.

În afara teoriilor clasice cunoscute în literatura de specialitate la zi, este menționată și teoria „termică".

### III. Teoria termică a autoaprinderii cărbunilor

Este necesar de analizat teoria fizică (termică) a autoîncălzirii care examinează acest fenomen ca interacțiunea proceselor degajării de căldură, transmiterii de căldură, filtrării aerului prin cărbune și a difuziei oxigenului și produselor oxidării în mediul gazos. Teoria arătată trebuie să cuprindă cele mai generale legități ale procesului de autoîncălzire, legate de determinarea parametrilor criteriali, de a căror valoare depinde decurgerea procesului de autoîncălzire și probabilitatea trecerii lui în aprindere.

Condițiile fizice ale autoîncălzirii sînt condițiile pătrunderii oxigenului, aerului în cărbune și ale răspîndirii căldurii care se formează ca rezultat al oxidării. Condițiile fizice ale autoîncălzirii în lucrările miniere depind de condițiile geominiere de zăcămînt ale stratelor și de condițiile tehnico-miniere de efectuare a lucrărilor miniere de exploatare.

Decurgerea încetinită a procesului de autoîncălzire dă posibilitatea aplicării cu succes a modelării matematice a fenomenului autoaprinderii. Problema constă în examinarea procesului schimbului de căldură și de masă în mediul cu surse distribuite care se descriu prin ecuații neuniforme ale termoconductibilității.

Cărbunele se examinează ca un mediu care posedă proprietăți termofizice și de filtrație determinate, distribuite prin surse pozitive de căldură și prin surse negative (scurgeri) de concentrație de oxigen, care se schimbă în timp și spațiu.

Cedarea de căldură în mediul poros și friabil de către cărbune se realizează atît pe seama termoconductibilității, cît și pe seama schimbului de căldură prin convecție și radiație dintre pereții porilor. Influența comună a celor două fenomene se determină prin introducerea noțiunii de „termoconductibilitate efectivă" sau „echivalentă".

Cărbunii posedă proprietăți termoconductoare foarte scăzute. Proprietățile termoconductoare scăzute, care asigură acumularea de căldură, constituie unul dintre principalii factori care duc la autoaprinderea cărbunilor.

Termoconductibilitatea cărbunelui depinde și de umiditatea lui, ca urmare a faptului că pelicula de apă de pe cărbune îmbunătățește considerabil contactul termic.

Proprietățile termofizice și de filtrare ca parametri principali, depind, în primul rînd, de golurile (cavitatea) existente în cărbune.

Efectul termic de oxidare depinde de temperatura la care se produce oxidarea; la temperaturi joase se produce oxidarea incompletă a cărbunelui.

Condiția principală a autoaprinderii cărbunelui este:

„cantitatea de căldură care se degajă ca urmare a oxidării trebuie să depășească cantitatea de căldură (să fie mai mare) care se împrăștie ca urmare a transmiterii de căldură".

Principalele legități ale cineticii autoîncălzirii, determinate în urma cercetărilor, au stabilit următorul criteriu de prognozare a focurilor endogene:

$$k = l\sqrt{c \cdot q \cdot E/(a \cdot C_y)}, \qquad (1)$$

în care:

$c$ este partea volumetrică a oxigenului, %;
$C_y$ — căldura specifică, J/kg·K;
$q$ — căldura specifică de sorbție, J/m³;
$a$ — difuzivitatea termică a cărbunilor, m²/s;
$E$ — coeficientul de temperatură al vitezei de absorbție, m³/kg·s·K;
$l$ — o dimensiune liniară caracteristică oarecare (la examinarea focarului separat în interiorul acumulării de cărbune, $l$ este raza regiunii încălzirii inițiale, iar, în cazul analizei acumulării în întregime, aceasta este sau grosimea $h$ a acumulării ei, sau raza ei), m.

Criteriul $k$ reprezintă raportul sporirii puterii degajării de căldură la creșterea temperaturii cu 1 K la conductibilitatea $\lambda/l$, unde $\lambda$ este termoconductibilitatea efectivă. Acest criteriu îmbină în sine atît factorii legați de natura cărbunelui ($q$, $E$, $a$, $C_y$), cît și factorii externi ($l$, $c$).

La efectuarea cercetărilor s-au stabilit, în principal, factorii legați de natura cărbunelui, iar factorul extern, ca partea volumetrică $C$ de oxigen în aer care vine în contact cu cărbunele, se presupune constant pe toată supafața acumulării de cărbune.

Criteriul termic elaborat $k$, care determină caracterul autoîncălzirii, și rezultatele cercetării autoîncălzirii acumulării stratului de cărbune au permis să se introducă noțiunile de putere inflamabilă și putere critică ale acumulării concentrației inflamabile de oxigen și să se obțină relații matematice pentru calculele lor.

Grosimile acumulării de cărbune, la care temperatura maximă $t_{max}$ nu depășește limita inferioară a intervalului 60—80 °C, sînt considerate neinflamabile, iar grosimile acumulării la care $t_{max}$ este mai mare decît limita supe-

rioară a intervalului amintit se consideră inflamabile.

Pentru determinarea limitei inferioare $h_{inf}$ a grosimii inflamabile se pleacă de la relația :

$$t_{max} = t_0 + \frac{4cqv_0h^2/\pi}{\pi^2 aC_y - CqEh^2}. \quad (2)$$

Dacă se va lua : $t_{max} = 60°C$ atunci :

$$h_{inf} = \pi \sqrt{\frac{aC_y(60 - t_0)}{cq[1{,}275v_0 + E(60 - t_0)]}}. \quad (3)$$

Această relație este valabilă la condiția ca : $k_c < \pi$, adică la condiția :

$$h < \pi \sqrt{aC_y/(cqE)}, \quad (4)$$

în care :

$h$ este grosimea acumulării de cărbune, m ;
$v_0$ — constanta vitezei de sorbție, $m^3/kg \cdot s$ ;
$\pi$ — permitivitatea mediului înconjurător ;
$t_0$ — temperatura inițială a mediului, °C ;
$k_c$ — temperatura critică adimensională.

Dacă :

$$h \geqslant \pi \sqrt{aC_y/(CqE)},$$

atunci autoincălzirea progresează și o astfel de grosime a acumulării este necesar să se considere deosebit de inflamabilă, numindu-se grosimea „critică" — $h_{crt}$, atunci :

$$h_{crt} = \pi \sqrt{(aC_y/CqE)}. \quad (5)$$

Relația (5) pentru calculul grosimii critice a acumulării de cărbune a fost obținută la presupunerea schimbului ideal de căldură a suprafețelor acumulării cu mediul înconjurător.

În funcție de grosimea acumulării de cărbune inflamabilă și critică, se propune următoarea clasificare a acumulărilor stratificate de cărbune după grosime.

Grupa I — acumulări foarte predispuse la foc, la care grosimea este mai mare sau egală grosimii critice ($h \geqslant h_{crt}$).

Grupa II — acumulări periculoase la care grosimea este mai mare decît cea a acumulărilor predispuse la foc, dar mai mică decît cea critică ($h_{inf} \leqslant h < h_{crt}$).

Grupa III — acumulări puțin periculoase, la care grosimea este mai mică decît grosimea inflamabilă ($h < h_{inf}$).

Stratele de cărbuni se pot clasifica din punctul de vedere al inflamabilității și funcție de valorile coeficientului de temperatură $E$ a vitezei de sorbție a oxigenului (tab. 1).

a) $E < 0{,}56 \cdot 10^{-9} m^3/kg \cdot s \cdot K$, cărbunele este cu tendință mică de autoaprindere ;

*Tabelul I*

| Grupa de tendință spre autoaprindere | Grosimea stratului de cărbune la pierderi în spațiul exploatat m | Temperatura max. probabilă de autoaprindere, °C | Grupa de inflamabilitate |
|---|---|---|---|
| I — II | $h_\varnothing \geqslant h_{inf}$ | $t_{max} \geqslant 60$ | I — periculoase |
| I — II | $h_\varnothing < h_{inf}$ | $35 \leqslant t_{max} < 60$ | II — puțin periculoase |
| II — III | $h_\varnothing < h_{inf}$ | $t_{max} < 35$ | III — nepericuloase |

b) $0{,}56 \cdot 10^{-9} \leqslant E \leqslant 1{,}39 \cdot 10^{-9} m^3/kg \cdot s \cdot K$, cărbunele se consideră cu tendință de autoaprindere ;

c) $E > 1{,}39 \cdot 10^{-9} m^3/kg \cdot s \cdot K$, cărbunele urmează a se considera cu tendință foarte mare de autoaprindere.

Metodologia propusă de evaluare a tendinței cărbunelui spre autoaprindere, spre deosebire de alte metodologii care se aplică, pleacă de la legitățile fizice generale ale proceselor de autoîncălzire și a trecerii autoîncălzirii în aprindere.

## Concluzii

Succesele obținute în domeniul prevenirii focurilor endogene în minele din bazinul Valea Jiului sînt o urmare firească a cercetării științifice și a activității practice desfășurate în domeniul respectiv.

Este necesar însă ca preocupările să fie amplificate și în continuare, avînd în vedere că legitățile stabilite ale cineticii autoîncălzirii, ale trecerii autoîncălzirii în aprindere și ale proceselor schimbului de căldură și de masă, care decurg împreună în acumularea de cărbune care se autoîncălzește, au permis să se elaboreze un șir de măsuri practice privind prognoza și prevenirea inflamabilității endogene.

Criteriul fizic elaborat $k$, care determină caracterul autoîncălzirii, și rezultatele cercetării autoîncălzirii acumulării stratului de cărbune au permis să se introducă noțiunile de putere inflamabilă și putere critică ale acumulării concentrației inflamabile de oxigen și să se obțină formulele pentru calculul lor.

Teoria termică a aprinderii confirmă corectitudinea direcției formulate mai sus în prevenirea focurilor endogene de mină, a micșorării pierderilor de cărbune și grosimii acumulărilor de cărbune în lucrările miniere.

Aceasta decurge din faptul că grosimea acumulării determină nu numai cinetica autoîncălzirii, ci și valoarea temperaturii critice, la atingerea căreia autoîncălzirea trece în aprindere. De aceea la stratele groase de cărbune, cu tendință spre autoaprindere, urmează a se aplica tehnologia care asigură extracția mai

completă a cărbunelui și, în primul rînd, extracția pachetelor de cărbune cu cea mai mare tendință spre autoaprindere.

Din teoria termică a aprinderii decurge, de asemenea, o concluzie importantă privind necesitatea controlului asupra stadiilor de început ale autoaprinderii, pînă la atingerea temperaturii critice și trecerea autoîncălzirii în regimul instabil de autoaccelerare a aprinderii, cînd prevenirea focului endogen este practic imposibilă.

**Bibliografie**


[1] Antoniak, J. ș.a. *Poradnik gornika.* Tom 3. Wydawnictwo „Slask", Katowice, 1975.

[2] Băltăreţu, R. ș.a. *Aeraj și protecţia muncii în mină.* Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1970.

[3] Gluzbert, E. I. *Bazele teoretice ale prognozării și prevenirii focurilor subterane endogene.* Nedra, 1986.

[4] Covaci, Șt. *Exploatări miniere subterane.* Vol. I. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1983.

[5] Băltăreţu, R. ș.a. *Focuri și incendii în industria minieră.* Ed. Tehnică, București, 1966.

[6] Maciejasz, Z., Kruk, F. *Pozary podziemne w kopalniach.* Cz 1. Wydawnictwo „Slask", Katowice, 1977.


# Modele matematice privind emanațiile de gaz metan în lucrările miniere


Prof. dr. **W. Kees**, lector **V. Zoican**, lector **I. Butulescu**, mat. **W. W. Kees**


## I. Introducere

Activitatea din minele de huilă este însoțită, în general, de fenomenul emanațiilor de gaz metan. Ceea ce caracterizează procesul emanațiilor de metan este variația concentrațiilor și a debitului, variație care, studiată pe un interval scurt de timp, permite elaborarea unui model matematic determinist. Dacă fenomenul emanațiilor de gaz metan este analizat pe o durată mai mare de timp, atunci acest fenomen trebuie considerat ca un fenomen aleator, datorită structurii geotectonice a stratelor, calității utilului, precum și unor parametri cum ar fi adîncimea la care se execută lucrarea minieră și diferențele de presiune ale gazului în masiv. În acest caz se elaborează un model probabilistic.

## II. Rezultate generale

1. *Modelul determinist*

Studiindu-se modul cum evoluează acumulările de metan, s-a constatat că la operațiile de împușcare și tăiere are loc o creștere a degajării de metan, care se explică prin volumul de gaz provenit din spațiul exploatat.

Pentru elaborarea modelului determinist după care au loc emanațiile de metan în funcție de operațiile miniere presupunem că valorile concentrațiilor de metan $X$ — exprimate în procente — constituie o funcție de timp:

$$X = f(t); \quad t > t_1.$$

Dacă notăm cu $t_1$ momentul începerii unei anumite operații miniere și cu $t$ un moment oarecare din timpul aceleiași operații și dezvoltînd în serie Taylor, conținutul procentual de metan se va obține sub forma:

$$X(t) = f(t_1) + f'(t_1)(t-t_1) + \frac{f''(t_1)(t-t_1)^2}{2} + R_n, \tag{1}$$

în care:

$t - t_1$ reprezintă intervalul de timp cît durează operația minieră.

Întrucît măsurătorile efectuate arată că în cazul tăierii și încărcării cărbunelui în operații suprapuse restul $R_n$ este neglijabil s-a admis ipoteza că valorile concentrațiilor de metan se exprimă după o lege parabolică de forma:

$$X(t) = A + B(t - t_1) + C(t - t_1)^2, \tag{2}$$

unde:

$$A = f(t_1); \quad B = f'(t_1) \quad \text{și} \quad C = \frac{f''(t_1)}{2}$$

și depind de felul și intervalul în care se execută operațiile miniere.

În continuare propunem un model matematic al degajărilor de metan, exprimat din punct de vedere matematic printr-o ecuație diferențială de ordinul întîi în care:

$q(t)$ este debitul de gaze (aer + metan);

$q_p$ — debitul de metan la împușcare;

$q_T$ — debitul de metan la tăierea cărbunelui;

$V$ — volumul de lucrare supus măsurătorilor.

Făcînd ipoteza că funcția $m = m(t)$, ce reprezintă cantitatea de metan exprimată în grame, care se găsește la momentul $t$ în tronsonul de lucru de volum determinat $V$, cm³, este diferențiabilă și calculînd variația cantității de metan în unitatea de timp, obținem ecuația diferențială:

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{m(t)}{V} \cdot \frac{q(t)}{\rho_{am}} + q_1(t), \tag{3}$$

unde:

$q_1(t) = q_p(t) + q_T(t) + \ldots$ — este debitul rezultant;

$\rho_{am}$ — densitatea amestecului (aer + metan) evacuat din tronson, g/cm³.

Din punct de vedere practic, în problema acumulărilor de gaz descrise de ecuaţia (3) ne interesează cunoaşterea momentelor critice cînd funcţia $m(t)$ are valori maxime. Se obţine rezultatul :

$$\max m(t) = \max f(t), \tag{4}$$

unde :

$$f(t) = \frac{q_1(t) \cdot \rho_{am}(t)}{q(t)}. \tag{5}$$

Experimental s-a arătat justeţea interpretărilor matematice date fenomenului studiat, iar legea după care are loc fenomenul acumulării de metan constituie o soluţie aproximativă a modelului matematic elaborat.

2. *Modelul probabilistic*

Pentru elaborarea acestui model, în lucrarea minieră presupunem dispuse în masiv un număr de $n$ sonde $S_1, S_2, \ldots, S_n$ care vor măsura debitele de gaz metan corespunzătoare $q_1, q_2, \ldots, q_n$ ($m^3$/min) şi concentraţiile $C_1, C_2, \ldots, C_n$ (% vol.) în ipoteza funcţionării simultane a tuturor sondelor.

Cu ajutorul frecvenţelor corespunzătoare concentraţiilor pe fiecare sondă asociem fenomenului emanaţiei de metan corespunzător parametrilor concentraţie şi debit variabilele aleatoare :

$$X^c \begin{pmatrix} c_1 & c_2 \ldots c_n \\ p_1^c & p_2^c \ldots p_n^c \end{pmatrix} \text{ şi } X^q \begin{pmatrix} q_1 & q_2 \ldots q_n \\ p_1^q & p_2^q \ldots p_n^q \end{pmatrix}, \tag{6}$$

unde :

$$p_i^c \text{ şi } p_i^q \ (i = 1, n)$$

sînt probabilităţile cu care se obţin concentraţiile $c_i$ (% vol), respectiv debitele $q_i$ ($m^3$/min) la sonda $S_i$.

Din ipotezele de funcţionare a celor $n$ sonde gazul metan debitat este colectat, obţinîndu-se debitul rezultant $q$ cu concentraţia $c_r$, probabilităţile lor de apariţie fiind $p_r^q$ şi $p_r^c$. Valorile medii dau concentraţia medie rezultantă $\bar{c}_r$ şi debitul mediu rezultant, după formulele (7) :

$$\bar{c}_r = \sum_{i=1}^{n} C_i p_i^c, \quad q_r = \sum_{i=1}^{n} q_i p_i^q. \tag{7}$$

Aceste caracteristici permit stabilirea rezervei de metan extrase din degazare pe baza modelului de calcul menţionat şi ajută, în mod esenţial, la aplicarea corespunzătoare a soluţiilor tehnice de degazare.

3. *Model bazat pe ecuaţia difuziei*

Una dintre cauzele existenţei emanaţiilor de metan constă în existenţa unor surse de foc în masiv şi, ca rezultat al arderii ce are loc, gazele se propagă prin roca respectivă care se consideră un mediu poros. În aceste condiţii concentraţia de metan dintr-o lucrare minieră este determinată de viteza de propagare a acestui gaz în mediu poros. Ecuaţia după care se propagă metanul, are forma :

$$a^2 \Delta T = \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{f}{\rho c}, \tag{8}$$

unde :

$a^2$ este coeficientul de conductibilitate termică în mediul izotrop ;
$T$ — temperatura ;
$f$ — densitatea surselor termice ;
$C$ — căldura specifică a rocii ;
$\rho$ — densitatea ;
$t$ — timpul.

Prin integrarea acestei ecuaţii, cunoscînd parametrii care intră în structura ei, putem determina debitul în funcţie de temperatură, iar dacă presupunem mediul termic infinit anizotrop, în care conductibilitatea termică este descrisă de tensorul $a_{ij}$, în care axele sistemului de referinţă sînt paralele cu direcţiile principale ale tensorului conductibilităţii, ecuaţia (8) devine :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_{11} \frac{\partial T^2}{\partial x^2} + a_{22} \frac{\partial T^2}{\partial y^2} + a_{33} \frac{\partial T^2}{\partial z^2} \tag{9}$$

simplificîndu-se corespunzător şi soluţia ei.

## Concluzii

Modelele prezentate permit, pe baza unor măsurători, pe de o parte determinarea legilor specifice ale acumulărilor de metan în vederea cunoaşterii rezervei de metan, iar pe de altă parte contribuie la creşterea securităţii muncii prin localizarea surselor de foc şi cunoaşterea modului cum ele influenţează debitul şi concentraţia emanaţiilor de metan.

### Bibliografie


[1] Cianciara, B., Marcak, H. *Localization of fire surce in the mining excavation on the base of temperature measurements.* Archives of mining sciences. Vol. 32, Issue 2, Warszawa—Krakow, 1987.

[2] Kecs, W., Ionescu, D., Zoican, V. *Model matematic al degajărilor de metan în lucrări în fund de sac în cărbune.* Mine, Petrol, Gaze, **29**, nr. 11—12, Bucureşti, 1978.

# Considerații asupra unor procese dinamice care apar în funcționarea mașinilor miniere

Prof. dr. doc. ing. **I. Constantinescu**, șef lucr. ing. **Persida Georgescu**,
șef lucr. dr. ing. **C. Cârja-Bolog**

## Introducere

În funcționarea mașinilor miniere un rol deosebit de important îl prezintă procesele dinamice caracterizate prin discontinuități ale vitezei sau accelerației, cum sînt procesele percutante, precum și fenomenele oscilatorii. Studierea acestora este impusă de evaluarea corectă a eforturilor dinamice, deci implicit de corecta dimensionare a organelor acestor mașini.

Lucrarea prezintă metodologia de abordare a unor asemenea probleme cu referiri concrete la unele mașini miniere.

## Solicitări dinamice la pornirea unor mașini miniere

Datorită prezenței roților dințate, cuplajelor, cablurilor ș.a., în toate schemele cinematice ale mașinilor miniere există legături cu jocuri, motiv pentru care procesul de demarare a unei mașini miniere se desfășoară în general în trei faze distincte:

— accelerarea în gol a rotorului motorului de antrenare ca urmare a prezenței jocurilor în lanțul cinematic, fără a se pune în mișcare organul de lucru;

— mișcarea rotorului motorului de acționare în prezența forței de deformație elastică a transmisiei, organul de lucru nefiind pus în mișcare decît în momentul în care forța elastică de deformare devine mai mare decît forța rezistentă;

— pornirea organului de lucru.

Pentru determinarea solicitărilor dinamice la pornirea mașinilor miniere, se concepe schema redusă a acestora, pentru care se explicitează și se integrează ecuațiile lui Lagrange. Ca exemple se vor considera fenomenele dinamice care au loc la pornirea unei combine miniere și a unei instalații de extracție cu colivie.

**a.** Pornirea unei combine miniere pentru care se consideră schema redusă din figura 1.

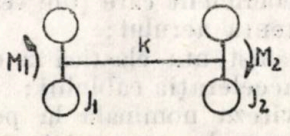



Fig. 1. Schema redusă a unei combine miniere.

Ecuațiile lui Lagrange au expresiile:

$$J_1\ddot{\varphi}_1 + k(\varphi_1 - \varphi_2) = 0\,;\; J_2\ddot{\varphi}_2 + k(\varphi_2 - \varphi_1) = M_2 - M_1, \qquad (1)$$

unde:

$J_1$, $J_2$ — momentul de inerție redus al organului de lucru al transmisiilor, respectiv al rotorului motorului de acționare;

$k$ — constanta elastică a arborelui principal de transmisie;

$M_1$, $M_2$ — momentul rezistent redus, respectiv momentul motor considerat constant.

Trecînd la o nouă variabilă $\alpha = \varphi_2 - \varphi_1$, reprezentînd unghiul de răsucire a lanțului de transmisie, și notînd cu $\Delta M = M_2 - M_1$, din sistemul (1) se obține ecuația diferențială:

$$J_1J_2(\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_1) + k(J_1 + J_2)(\varphi_2 - \varphi_1) = \Delta M \cdot J_1, \qquad (2)$$

a cărei soluție este:

$$\alpha = \frac{\omega_1}{p}\sin pt + \frac{\Delta M \cdot J_1}{k(J_1 + J_2)}(1 - \cos pt), \qquad (3)$$

unde:

$p = \sqrt{\dfrac{k(J_1 + J_2)}{J_1 \cdot J_2}}$ — pulsația proprie a sistemului;

$\omega_1$ — viteza unghiulară a rotorului la începutul deplasării organului de lucru.

Ținînd seamă că momentul de răsucire redus la transmisie este: $M_r = M_1 + k\alpha$, se poate calcula expresia momentului maxim, care rezultă, de forma:

$$M_{max} = M_1 + \frac{\Delta M \cdot J_1}{J_1 + J_2} + \frac{\dfrac{kJ_2\omega_1^2}{\Delta M} + \dfrac{\Delta M \cdot J_1}{J_1 + J_2}}{\sqrt{1 + \dfrac{\omega_1^2 kJ_2(J_1 + J_2)}{J_1(\Delta M)^2}}}. \qquad (4)$$

Se constată astfel că în faza de demarare apar procese oscilatorii cu pulsația $p$ și că valoarea maximă a momentului de răsucire este funcție de caracteristicile dinamice ale mașinii $(J_1, J_2, k)$ de $\omega_1$ și de $\Delta M$.

**b.** Pornirea unei instalații de extracție cu colivie, a cărei schemă de calcul este redată în figura 2.

Considerînd drept coordonate generalizate deplasarea $y$ a coliviei și deplasarea $x$ a părții de cablu care se înfășoară pe tobă, ecuațiile

lui Lagrange vor fi de forma :

$$\left(m_t + \frac{M_c}{3}\right)\ddot{x} + \frac{M_c}{6}\ddot{y} = -kx + ky + Q;$$

$$\frac{M_c}{6}\ddot{x} + \left(m_c + \frac{M_c}{3}\right)\ddot{y} = kx - ky, \tag{5}$$

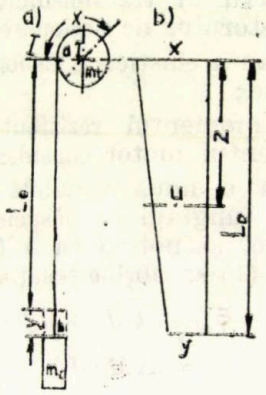



Fig. 2. Schema studiului mișcării unei instalații de extracție: *a* — schema de calcul; *b* — deformația cablului.

unde :

$$Q = \frac{i \cdot \eta_i \cdot M_{mot}}{R_t} - m_c g - G_c;$$

$m_t$ — masa redusă la periferia tobei rotorului motorului și a reductorului ;
$m_c$ — masa coliviei ;
$M_c.G_c$ — masa, greutatea cablului ;
$k$ — constanta elastică a cablului ;
$i$ — raportul de transmisie de la motorul de antrenare la tobă ;
$\eta_i$ — randamentul transmisiei ;
$M_{mot}$ — momentul motor ;
$R_t$ — raza tobei.

Soluțiile ecuațiilor diferențiale (5) se obțin de forma :

$$x = \frac{Q\left(m_2 + \frac{M_c}{6}\right)^2}{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)^2}(1 - \cos rt) + \frac{Qt^2}{2\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)} \tag{6}$$

$$y = \frac{Q\left(m_2 - \frac{M_c}{6}\right)^2}{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)^2}\left(1 - \frac{m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}}{m_2 + \frac{M_c}{6}}\right) \cdot (1 - \cos rt) + \frac{Qt^2}{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)},$$

unde :

$$m_1 = m_t + \frac{M_c}{3}; \quad m_2 = m_c + \frac{M_c}{3};$$

$$r = \sqrt{\frac{k\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)}{m_1 m_2 - \frac{M_c^2}{36}}}$$

și permit determinarea efortului dinamic în cablu în punctul de înfășurare $I-I$ cu relația :

$$T = G_c + m_c g + \frac{Q\left(m_2 + \frac{M_c}{6}\right)}{\left(m_1 + m_2 + \frac{M_c}{3}\right)}(1 - \cos rt). \tag{7}$$

**Procese oscilatorii în cazul unor mașini miniere**

Fenomenele oscilatorii care se produc în diferite regimuri de funcționare a mașinilor și instalațiilor miniere joacă un rol deosebit de important în generarea eforturilor dinamice. Se vor exemplifica rezultatele studiului oscilațiilor în cazul deplasării unui vas de extracție și al locomotivelor de mină.

**a.** Deplasarea unui vas de extracție suspendat la capătul cablului de extracție, pentru care ecuația diferențială a mișcării, corespunzătoare fazei de accelerare, este de forma :

$$\ddot{x} + \frac{k_1}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = \frac{k}{m}\frac{a}{2}t^2, \tag{8}$$

iar în faza de rotație uniformă a tobei de forma :

$$\ddot{x} + \frac{k_1}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = \frac{k}{m}v_n t, \tag{9}$$

unde :

$x$ este deplasarea vasului ;
$m$ — masa redusă a vasului și cablului ;
$k_1$ — coeficient care ține seama de rezistența aerului ;
$k$ — constanta elastică a cablului ;
$a$ — accelerația cablului ;
$v_n$ — viteza nominală la periferia tobei.

Soluția generală a ecuației diferențiale (8), respectiv (9), se obține de forma :

$$x_1 = e^{-nt}(A \sin p_1 t + B \cos p_1 t) + \frac{at^2}{2} - \frac{k_1 a}{k}t + \frac{a}{k}\left(\frac{k_1^2}{k} - m\right); \tag{10}$$

$$x_2 = v_n t + e^{-nt}(A_1 \sin p_1 t + B_1 \cos p_1 t) + \\ + \frac{k_1}{k} v_n, \qquad (11)$$

unde :

$$n = \frac{k_1}{2m}; \quad p_1 = \sqrt{\left(\frac{k}{m}\right)^2 - n^2};$$

$$A = -\left(\frac{k_1}{k^2}\right)^2 \frac{an}{p_1} + \frac{man}{kp_1} - \frac{k_1}{k} \cdot \frac{a}{p_1};$$

$$B = \frac{m}{k} a + \left(\frac{k_1}{k}\right)^2 a.$$

**b.** Oscilațiile libere longitudinale ale locomotivelor de mină acționate electric sau cu motoare cu combustie internă (fig. 3), exprimate prin ecuațiile diferențiale :

$$\ddot{z} + az + b\theta = 0; \quad \ddot{\theta} + \frac{b}{i^2} z + \frac{c}{i^2} \theta = 0, \qquad (12$$

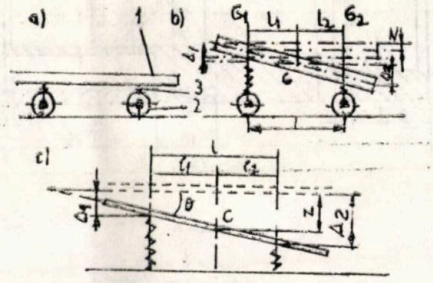



Fig. 3. Schemele calculului oscilațiilor longitudinale ale locomotivelor de mină.

în care :

$$a = \frac{k_1 + k_2}{m}; \quad b = \frac{k_2 l_2 - k_1 l_1}{m};$$

$$c = \frac{k_2 l_2^2 + k_1 l_1^2}{m};$$

$z$ — deplasarea pe verticală a centrului de greutate ;
$\theta$ — unghiul de rotire ;
$m$, $J$ — masa, respectiv momentul de inerție al părții suspendate a locomotivei ;
$i$ — raza de inerție ;
$k_1$, $k_2$ — constantele elastice ale arcurilor.

Soluțiile ecuațiilor diferențiale (12) se obțin de forma :

$$z = B_1 \beta_1 \cos(p_1 t + \alpha_1) + B_2 \beta_2 \cos(p_2 t + \alpha_2); \qquad (13)$$

$$\theta = B_1 \cos(p_1 t + \alpha_1) + B_2 \cos(p_2 t + \alpha_2),$$

unde :

$$p_{1,2}^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{c}{i^2} + a\right) \pm \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{c}{i^2} - a\right)^2 + \frac{b^2}{i^2}};$$

$B_1$, $B_2$, $\beta_1$, $\beta_2$, $\alpha_1$, $\alpha_2$ — constante de integrare care se determină din condițiile inițiale.

Pentru valori apropiate ale lui $p_1$ și $p_2$ soluțiile (13) permit studierea fenomenului de bătăi.

**Bibliografie**


1] Constantinescu, I. ș.a. *Mecanica mașinilor și instalațiilor miniere de preparare.* Vol. I și II, Ed. Tehnică, București, 1978— 1979.

[2] Darabont, Al. ș.a. *Șocuri și vibrații. Aplicații în tehnică.* Ed Tehnică, București, 1988.


# Aplicații ale tensometriei electrice la determinarea caracteristicilor tehnico-funcționale ale utilajelor miniere


Conf. dr. ing. **G. Elezner**, șef lucr. dr. ing. **I. Tigae**,
șef lucr. dr. ing. **N. Nițescu**, șef lucr. ing. **H. Simașcheviei**,
șef lucr. ing. **O. Tureu**, ing. **M. Ridzi**


Actuala fază de dezvoltare a industriei extractive miniere, ca și sarcinile pe care le are în etapa viitoare au impus construirea de utilaje miniere cu caracteristici de înaltă performanță care să asigure creșterea productivității muncii în vederea obținerii materiilor prime necesare economiei.

Condițiile deosebite în care lucrează utilajele miniere impun verificarea lor riguroasă, folosind cele mai noi tehnici de investigare pentru asigurarea caracteristicilor tehnico-funcționale și de fiabilitate crescute.

În cadrul laboratoarelor de Mașini Miniere și Rezistența Materialelor ale Institutului de Mine Petroșani în colaborare cu Comisia Teritorială de Tensometrie au fost puse la punct mai multe tehnologii de investigare pentru studiul caracteristicilor și tensiunilor în structurile de rezistență a utilajelor miniere, folosind metodele tensometriei electrice rezistive.

Modernizarea abatajelor cu front lung și introducerea combinelor de abataj de mare productivitate au impus și realizarea unor echipamente de susținere mecanizate acționate hidraulic care să asigure deplasarea rapidă și sigură a abatajului în urma frontului de extracție. Primele susțineri s-au realizat după licențe străine, iar prototipurile au fost trimise

spre testare în străinătate. Apoi s-a trecut la realizarea unor prototipuri mai bune concepute în țară, corespunzător condițiilor miniere ale zăcămintelor de cărbune din România. S-a construit un stand de încercare a acestor susțineri în cadrul Întreprinderii de Utilaj Minier din Petroșani și s-au început testările după metodologii proprii, folosind tensometria electrică rezistivă. Primele tensometre au fost, de asemenea, procurate din import. În anul 1984 s-a realizat de către I.E.M.I. București primul sistem de tensometrie electrică modulat N—23, care și-a găsit o largă aplicabilitate în construcția de utilaj minier.

În figura 1 se poate vedea o secție de susținere mecanizată tip SMA—5H în standul de probă de la I.U.M.P.; alături, pe un cărucior

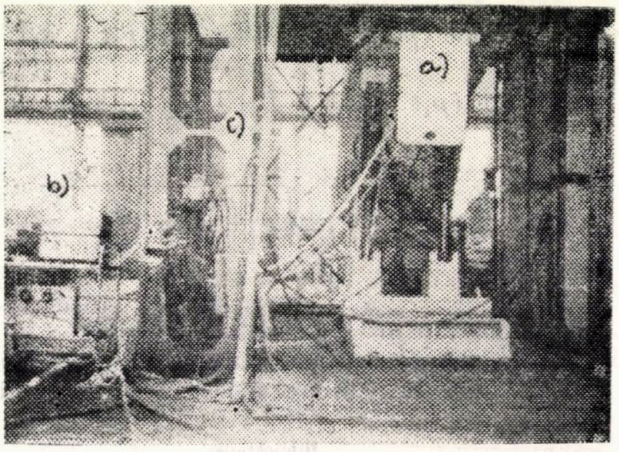
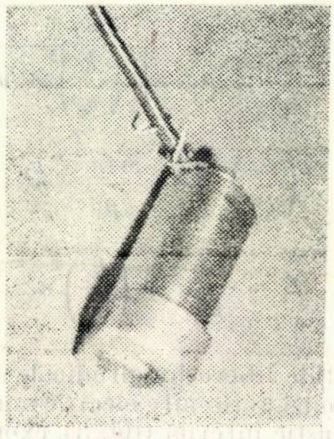



Fig. 1. Încercarea în standul de probă SMA-5H:
*a* — secție SMA-5H; *b* — instalație de tensometrie electrică; *c* — stand de probă.

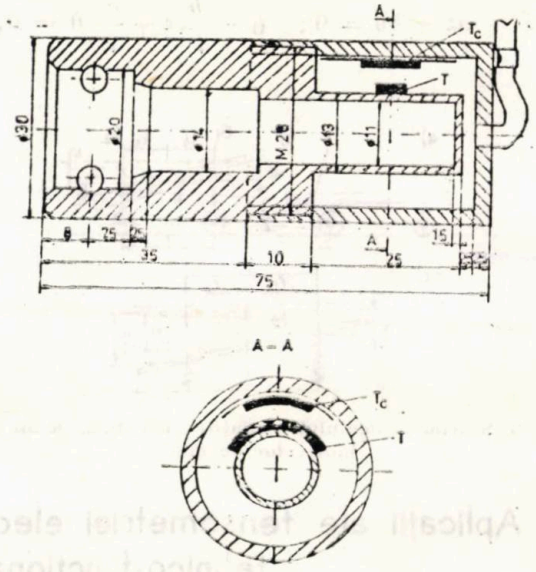
mobil, se află instalația tensometrică N—23. 14.4.51.62/23 pentru măsurarea tensiunilor în structura de rezistență. Pe acest stand au fost testate mai multe prototipuri de secții de susținere mecanizată cum sînt: SMA—2PH; SMA—4L; SMA—PL; CMA—2T; CMA—2; CMA—S și altele; multe dintre ele comportîndu-se corespunzător au fost trecute la producția de serie.

Tot pe baza tensometriei electrice rezistive în Laboratorul de Mașini Miniere al I.M.P. a fost construit un stand pentru studiul comportării la tăiere a cărbunilor, testîndu-se cărbunii din aproape toate bazinele miniere ale țării. Folosind aceste rezultate, s-au putut realiza organe de lucru corespunzătoare zăcămintelor de cărbune de la noi din țară cum sînt cele pentru combinele de abataj CA—1 și CA—2.

În construcția de utilaj minier, acționările hidraulice au o răspîndire tot mai largă. Sînt utilizate motoare hidraulice la avansul combinelor de abataj, la cărucioare de perforare, la transportul minier etc. În cadrul Laboratorului de Rezistența Materialelor din I.M.P. au fost realizate mai multe tipuri de captori hidraulici de presiune construiți pe bază de traductori tensometrici, unul dintre aceștia fiind arătat în figura 2.



*a)*




*b)*

Fig. 2. Captor tensometric de presiune.

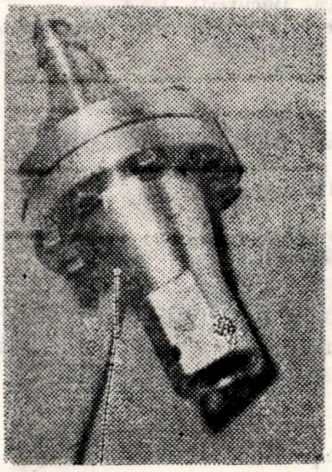
Utilizarea tensometriei electrice la captorii de presiune asigură înregistrarea și măsurarea variației presiunii în timpul funcționării utilajului acționat hidraulic.

În mod analog s-a construit și un debitmetru hidraulic la care traductorii cu fir rezistiv s-au aplicat pe diafragmă. Măsurînd tensiunile în diafragmă, s-a obținut presiunea dinamică a fluidului în mișcare, presiune care indică debitul din conductă. Acest debitmetru se poate vedea în figura 3.

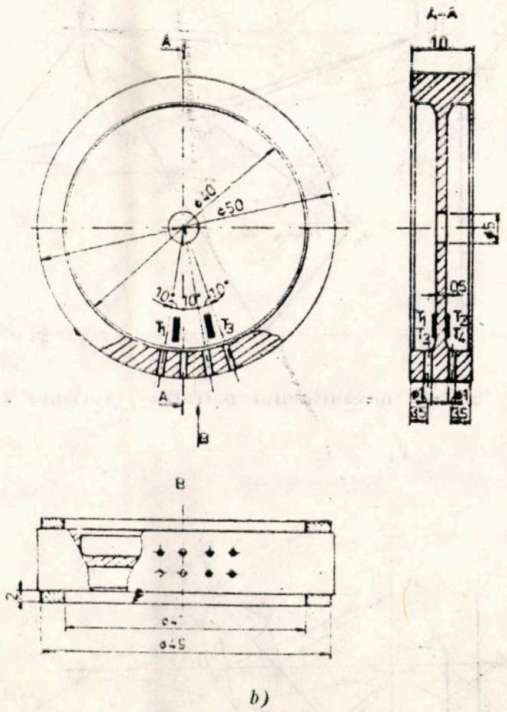
Atît captorii de presiune tensometrici, cît și debitmetrul tensometric au fost realizați în construcție STECKO, corespunzător hidraulicii

miniere, așa cum se poate vedea în figurile 2 și 3.

O nouă realizare în domeniul transportului minier îl constituie vagonul-siloz, cu acționare electro-hidraulică, arătat în schema din figura 4. Prototipul a fost experimentat în condiții reale de exploatare. S-au măsurat pe cale tensometrică eforturile din lanțul transportorului cu raclete, tensiunea în lagărul principal al stelei de acționare și presiunea în circuitul hidraulic de acționare.



*a)*




*b)*

Fig. 3. Debitmetru tensometric.

Toate aceste mărimi au fost corelate cu măsurările de putere înregistrate cu ajutorul unui wattmetru conectat la rețeaua electrică de acționare.

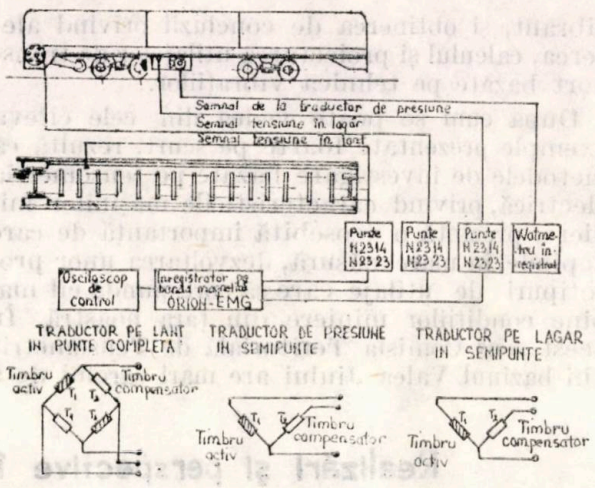



Fig. 4. Schema măsurărilor de la vagonul-siloz.

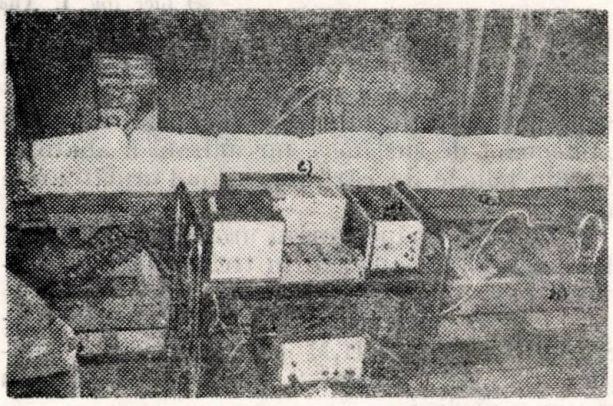


Fig. 5. Instalația tensometrică de la transportorul vibrant

În Laboratorul de Mașini Miniere din I.M.P. se fac cercetări în vederea utilizării transportoarelor vibrante în subteran. Pentru verificarea unor variante constructive, precum și pentru măsurarea parametrilor de funcționare a acestora în diferite condiții de exploatare date, s-a construit un stand de probă, la care măsurările s-au bazat pe metodele tensometriei electrice rezistive. În acest sens, au fost folosiți captori pentru măsurarea amplitudinii vibrațiilor, accelerațiilor, precum și pentru măsurarea tensiunilor în diferite puncte ale structurii de rezistență. Înregistrarea vibrațiilor s-a realizat cu ajutorul unui oscilograf cu bucle. În figura 5 se poate vedea o parte a standului, care este încărcat cu bolțari pentru construirea galeriilor de mină. Se pot observa, de asemenea, captorul de vibrații *a*); o parte din cablul cu care se măsoară tensiunea din lagăr *b*); oscilograful cu bucle *c*) și tensometrul *d*). Prelucrarea și interpretarea rezultatelor cercetărilor experimentale întreprinse pe acest stand au permis, pe lîngă determinarea cantitativă a influenței materialului de transportat asupra performanțelor transportorului

vibrant, și obținerea de concluzii privind alegerea, calculul și proiectarea utilajelor de transport bazate pe tehnica vibrațiilor.

După cum se poate vedea din cele cîteva exemple prezentate foarte pe scurt, rezultă că metodele de investigare bazate pe tensometria electrică, privind caracteristicile mașinilor miniere, prezintă o deosebită importanță de care depinde, în mare măsură, dezvoltarea unor prototipuri de utilaje care să corespundă cît mai bine condițiilor miniere din țara noastră. În acest sens Comisia Teritorială de Tensometrie din bazinul Valea Jiului are mari sarcini de a forma o echipă de ingineri experimentați, care să poată exploata la maxim cele mai moderne aparate de tensometrie în vederea îmbunătățirii continue a utilajului minier.

**Bibliografie**


[1] M o c a n u, D. R. ș.a. *Analiza experimentală a tensiunilor.* Vol. I, Ed. Tehnică, București, 1978.

[2] N i c o l a u, Th. ș.a. *Măsurări electronice în industrie.* Ed. Tehnică, București, 1964.

[3] * * * Buletinele susținerilor mecanizate de abataj, testate în cadrul I.M.P.


# Realizări și perspective în proiectarea echipamentelor de susținere mecanizată


Prof. dr. ing. **N. Iliaș**, conf. dr. ing. **V. Zamfir**, șef lucr. ing. **I. Andraș**, dr. ing. **I. Kelemen** *


Într-o prezentare succintă, realizările de pînă acum, din țara noastră, în domeniul concepției, proiectării, fabricării și exploatării echipamentelor de susținere mecanizată a abatajelor din minele de cărbuni cuprind următoarele aspecte.

**1.** Sîntem producători ai următoarelor tipuri de susțineri mecanizate în trei unități industriale [4]:

— I.U.M. Petroșani, tipurile: SMA-$PH_1$; SMA-$PH_2$; SMA-$PH_1M$ — pentru strate subțiri; SMA—1, SMA—2 — pentru strate cu grosime medie;

— I.U.M. Filipeștii de Pădure, tipurile: CMA—pL; CMA—2T; CMA—2; CMA—4L — pentru strate cu grosime medie și subțiri;

— I. M. Timișoara, tipul: SMA—5H — pentru abataje cu înălțime mare.

**2.** Posedăm metodologii proprii pentru sinteza și analiza cinematică poziționlă a structurilor de bază (Institutul de Mine) [1; 2; 3; 8] parțial ilustrate în figurile 1; 2 și 3.

**3.** Posedăm metodologii proprii de calcul cinetostatic (Institutul de Mine) [1; 5; 6; 7].

**4.** Beneficiem de standuri și de metodologii de încercare pe stand (Institutul de Mine + I.U.M. Petroșani + I.C.S.I.T.U.M.M.R. Timișoara); în figura 4 este arătată o vedere a standului de la I.U.M. Petroșani.

**5.** Avem linii de fabricație și experiență tehnologică în executarea susținerilor mecanizate (nominalizate mai sus, la punctul 1).

În cele ce urmează, prezentăm unele puncte de vedere privind direcțiile de cercetare în viitor.

## I. Oportunitatea cercetării

Susținerile moderne folosite cu precădere în cadrul tehnologiei de exploatare în abataje cu front lung sînt de tipul cu grindă și cu scut de îngrădire, avînd în componență un mecanism patrulater sau un alt mecanism ce asigură, pe

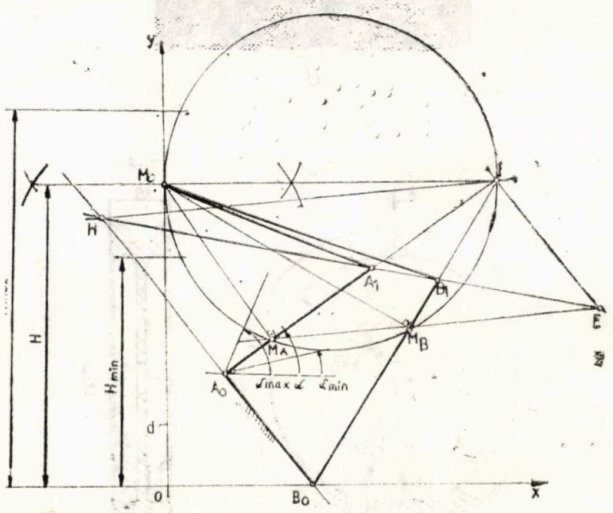


Fig. 1. Sinteza mecanismului patrulater, varianta 1 [3].

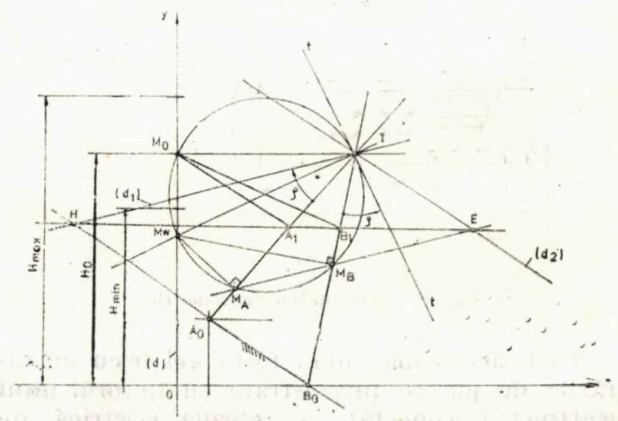


Fig. 2. Sinteza mecanismului patrulater, varianta 2 [3].

* Întreprinderea de Utilaj Minier Petroșani

de o parte, translatarea grinzii pe o direcție paralelă cu frontul (de la vatră la tavan) și, pe de altă parte, stabilitate la împingerile orizontale, pe direcția front-spațiu exploatat (fig. 5).

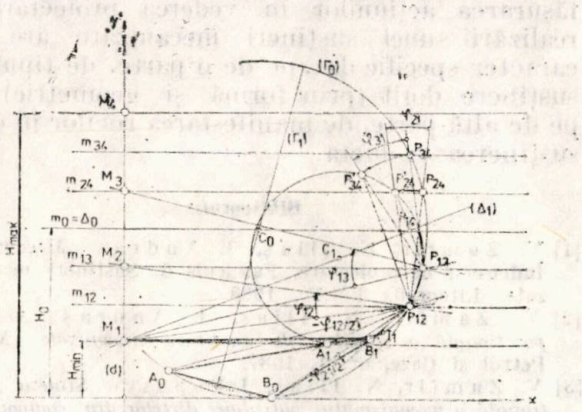


Fig. 3. Sinteza mecanismului patrulater, varianta 3 [3]

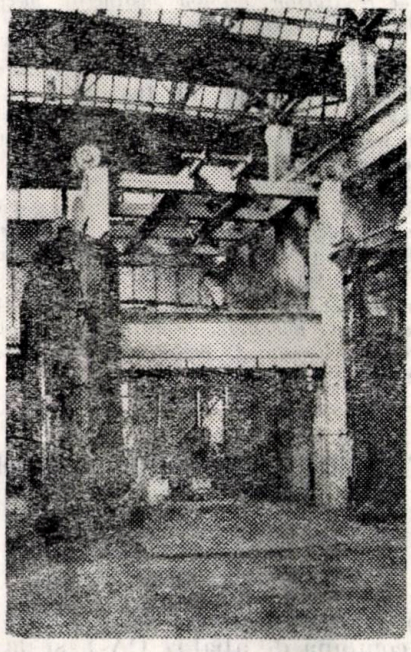


Fig. 4. Vedere asupra standului de la I.U.M. Petroșani

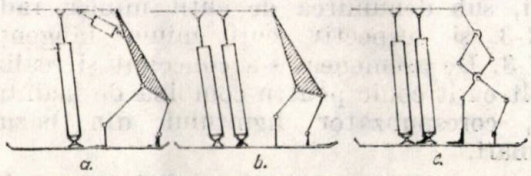


Fig. 5. Tipuri de susțineri mecanizate:
*a* — cu patrulater articulat, un rînd de stîlpi sub grindă și cilindru de colț; *b* — cu patrulater articulat și două rînduri de stîlpi sub grindă; *c* — cu mecanism complex și două rînduri de stîlpi sub grindă.

Din analiza bibliografiei străine și indigene, pentru viitorul apropiat și chiar mai îndepărtat nu se prevăd alte tipuri de susțineri. În prezent eforturile de cercetare sînt îndreptate spre găsirea metodologiilor de proiectare a structurilor susținerilor mecanizate, ținînd cont de condițiile geologo-miniere și de comportare a rocilor în imediata vecinătate a susținerii, precum și pentru perfecționarea acționărilor și comenzilor hidraulice și electrice în perspectiva automatizării și robotizării.

Din costul pentru echiparea unui abataj cu front lung circa 40—60% revine echipamentului de susținere mecanizată. O mai bună proiectare, alegere și utilizare a susținerii mecanizate ar trebui să conducă, în primul rînd, la micșorarea investiției și, în al doilea rînd, la creșterea substanțială a producției și productivității muncii, cu menținerea unei securități ridicate pentru mașinile și operatorul din front.

Cunoașterea în detaliu a fenomenului dirijării acoperișului și a interacțiunii între sistemul de susținere mecanizat și rocile înconjurătoare permite alegerea și folosirea în abatajele cu front lung a unor echipamente adecvate de susținere, evitîndu-se soluțiile de supradimensionare, care cresc costurile de realizare, sau de subdimensionare, care provoacă mari dificultăți în exploatare.

În acest context, considerăm oportună dezvoltarea — în continuare — a cercetărilor pe această temă, la nivelul bazinelor carbonifere din țara noastră.

## II. Direcții de cercetare

Cercetarea trebuie să aibă la bază experiența acumulată de cunoașterea structurilor încercate și folosite pînă în prezent. Pentru aceasta este necesară o analiză critică, care să cuprindă :

— analiza cinematică pozițională a tipurilor de susțineri mecanizate folosite în exploatările subterane de cărbune, deoarece, pe de o parte, o asemenea analiză este necesară pentru calculele cinetostatice (portanță, forțe de legătură între elementele susținerii) și, pe de altă parte, prin forma traiectoriei de translatare a grinzii, se pot obține informații referitoare la natura componentei de împingere orizontală la care este supusă susținerea ;

— analiza cinetostatică a tuturor tipurilor de susținere în interacțiune cu tavanul, frontul și spațiul exploatat, pentru fiecare bazin carbonifer, în parte.

## III. Modalități de cercetare

### A. Analitică

Realizarea celor două etape, mai sus-menționate, este posibilă numai printr-o conlucrare strînsă între specialiștii din domeniul construcției de mașini și cei din domeniul minier (mecanica rocilor).

Pentru finalizarea acestor etape trebuie să se utilizeze metodologii de sinteză și analiză

cinematică poziţională, precum şi de analiză cinetostatică, cunoscîndu-se în acelaşi timp:

— caracteristicile rocilor din imediata vecinătate a susţinerii, rezistenţa la compresiune a rocilor din vatră şi din tavan; stabilitatea frontului în timp şi în funcţie de înălţimea lui; convergenţa tavanului raportat la timpi reali, concordanţi cu viteza de deplasare a frontului; deplasarea orizontală a tavanului în timp; comportarea la rupere a tavanului; înălţimea şi forma conturului zonei de influenţă în rocile din acoperişul abatajului;

— viteza minimă de deplasare a frontului;

— caracteristicile privind combinele şi transportoarele de abataj.

**B.** Experimentală

— încercări în stand (o secţie din fiecare tip de susţinere);

— încercări în situ ale unui grup de secţii.

În încercările experimentale se vor măsura cel puţin următoarele:

- presiunea din stilpii de susţinere;
- presiunea din cilindrul de colţ;
- tensiunea (sau deformaţia) din unul dintre braţele mecanismului patrulater.

## IV. Proiectarea

În eventualitatea proiectării de noi susţineri mecanizate, trebuie să se ţină cont de cele de mai sus.

De asemenea, o mare importanţă prezintă alegerea gamei de înălţimi de lucru a susţinerii proiectate, care trebuie aleasă în concordanţă cu grosimile straturilor în care acestea vor lucra.

Pentru proiectare sînt necesare toate informaţiile menţionate anterior pentru ca, în final, să rezulte susţinerea mecanizată dorită.

Ca o concluzie finală se poate afirma că desfăşurarea acţiunilor în vederea proiectării şi realizării unei susţineri mecanizate are un caracter specific dat, pe de o parte, de tipul de susţinere dorit (prin formă şi geometrie) şi, pe de altă parte, de manifestarea rocilor în care susţinerea va lucra.

### Bibliografie


[1] V. Zamfir, N. Iliaş, I. Andraş *Mecanisme. Îndrumar de proiectare. Fascicula 6. Susţineri mecanizate.* Litografia I.M.P., 1988.

[2] V. Zamfir, N. Iliaş, I. Andraş *Analiza poziţională a secţiilor de susţinere mecanizate.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 1, 1987.

[3] V. Zamfir, N. Iliaş, I. Popescu *Sinteza poziţională a mecanismului patrulater director din componenţa secţiilor de susţinere mecanizate.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 3, 1987.

[4] N. Iliaş, V. Zamfir, I. Kelemen *Stadiul actual al realizărilor privind susţinerile mecanizate în România.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 11, 1986.

[5] V. Zamfir ş.a. *Stabilirea portanţei maxime şi a forţelor de legătură aferente la susţinerile mecanizate indigene.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 12, 1987.

[6] N. Iliaş ş.a. *Metodologia de determinare a stării de maximă solicitare la susţinerile mecanizate cu element îngrăditor articulat direct la talpă.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 7, 1981.

[7] N. Iliaş, D. Surulescu, Al. Bogdan *Determinarea stării de maximă solicitare la susţinerea mecanizată SMA-1 în condiţiile stratului 3 din Valea Jiului.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 2, 1982.

[8] I. Constantinescu, N. Iliaş, Al. Bogdan *Stabilirea unor parametri constructivi ai susţinerilor mecanizate cu ajutorul nomogramelor.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 10, 1983.


# Cercetări în domeniul organelor de tăiere ale combinelor miniere


Prof. dr. ing. **I. Marian**, şef lucr. dr. ing. **I. Kovacs**, şef lucr. dr. ing. **F. Koronka**, şef lucr. ing. **T. Andrei**, asist. ing. **M. Nan**


În scopul adaptării sau realizării unor combine miniere, corespunzător condiţiilor din ţara noastră, în cadrul Institutului de Mine din Petroşani s-au efectuat o serie de cercetări, îndeosebi în ultimele două decenii. Aceste cercetări au început cu studiul în laborator al comportării la aşchiere a cărbunilor din diferite bazine carbonifere, care au condus la stabilirea rezistenţei specifice medii la tăiere a cărbunilor (fig. 1); a consumului specific de energie la tăiere (fig. 2); a comportării la tăiere a cuţitelor de diferite forme şi dimensiuni; a parametrilor aşchiilor ce se dislocă şi a compoziţiei granulometrice etc.

Pe baza acestor cercetări s-au stabilit forma şi dimensiunile necesare cuţitelor de combină, îndeosebi pentru lignit, care se comportă diferit de huilă şi mult diferit de la un bazin la altul. Astfel, cuţitele de combină radiale tip IMP (fig. 3 *a*) şi tangenţiale tip IMP (fig. 3 *b*) utilizate la combina de abataj CA-1 şi la organe de tăiere IMP pentru combina KŞ-1KG au intrat în fabricaţie de serie la I.S.S.A. Rădăuţi, sub denumirea de cuţit minier radial CMR-3, şi, respectiv, cuţit minier tangenţial CMT-3. De asemenea, s-a conceput şi realizat un alt cuţit conic pentru combina de înaintare CI-2, corespunzător lignitului din bazinul Rovinari.

Pentru realizarea tăierii cu eficienţă maximă cu combina de abataj trebuie asigurate corelaţiile între caracteristicile la tăiere a cărbunilor şi parametrii constructivi şi funcţionali ai cuţitelor, organelor de lucru, precum şi ai combinei în ansamblu.

Astfel, pentru bazinul Motru au fost concepute, proiectate şi realizate organe de tăiere cu diametrul de 1 400 mm pentru combina de

abataj KȘ-1KG care au fost experimentate în anul 1975 la mina de lignit Horăști.

Experimentarea în subteran a noilor organe de tăiere a scos în evidență avantajele acestora față de organele de tăiere originale, încît aceste organe de tăiere au fost omologate împreună cu combina CA-1 (fig. 4) și au intrat în fabricație de serie la I.U.M. Petroșani.

În anii următori au fost studiate caracteristicile la tăiere a cărbunilor din alte bazine din

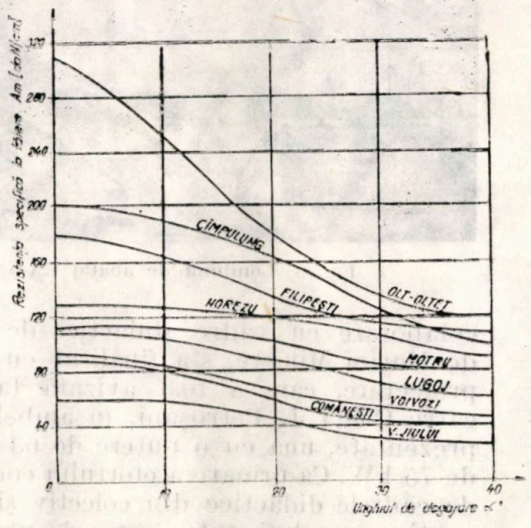



Fig. 1. Dependența rezistenței specifice la tăiere în funcție de unghiul de degajare al cuțitului de combină.

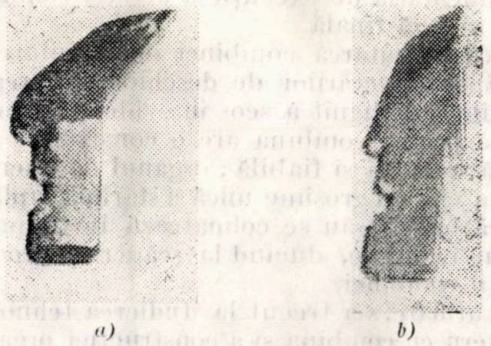



Fig. 3. Cuțite de combină:
*a* — CMR-3; *b* — CMT-3.

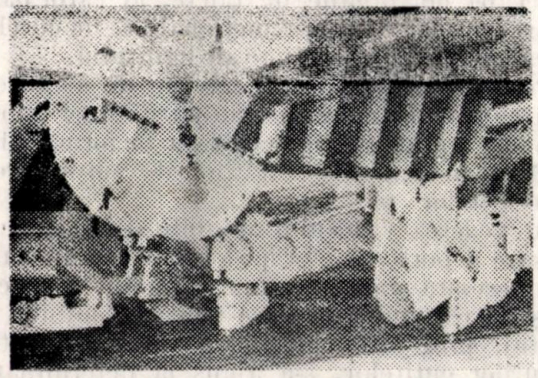


Fig. 4. Combina de abataj CA-1.

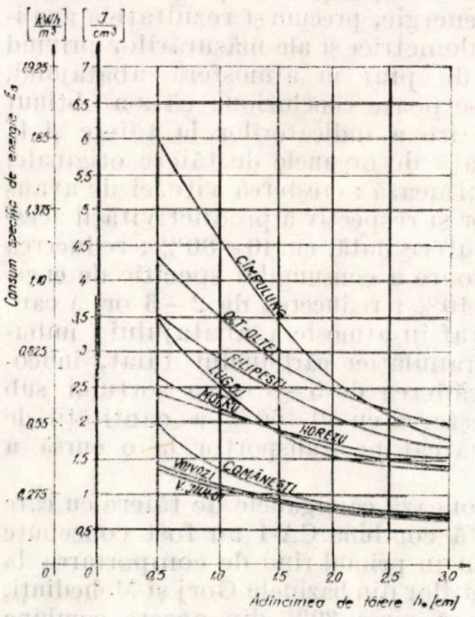



Fig. 2. Dependența consumului specific de energie la așchiere în funcție de adîncimea de tăiere.

țară, cum ar fi : Cîmpulung—Muscel, Voivozi, Horezu, pentru care au fost concepute și executate organe de tăiere cu parametri constructivi și funcționali adecvați. În toate aceste bazine carbonifere s-au efectuat încercări experimentale cu rezultate pozitive, ceea ce a permis ca organele de tăiere proiectate să fie utilizabile în toate bazinele de lignit din țară.

Se menționează faptul că în unele bazine cum ar fi Motru și Cîmpulung s-au încercat organe de tăiere echipate cu cuțite radiale și respectiv cu cuțite tangențiale, acestea din urmă conducînd la rezultate foarte bune în bazinul Motru.

Este important de scos în evidență faptul că clicele acestor organe de tăiere s-au realizat cu pas progresiv radial-axial, care constituie și brevet de invenție, în vederea îmbunătățirii procesului de încărcare, ceea ce s-a și demonstrat practic cu ocazia experimentărilor în toate bazinele amintite.

Pentru a asigura tăierea cărbunelui și în abataje cu înălțime mai mare de lucru s-au conceput și s-au realizat organe de tăiere tip IMP pentru combina KȘ-1KG cu diametrul de 1 600 mm, care s-au experimentat la mina Roșiuța din bazinul Motru în anul 1983, iar rezultatele foarte bune, în special privind încărcarea cărbunelui, au făcut ca aceste organe de tăiere să funcționeze timp de peste trei ani.

Cu ocazia experimentărilor în bazinele amintite s-au efectuat o serie de măsurări comparative pentru a scoate în evidenţă eficienţa în lucru a noilor organe tăietoare faţă de cele originale.

Analizînd variaţia puterii şi a consumului specific de energie, precum şi rezultatele analizelor granulometrice şi ale măsurărilor privind conţinutul de praf în atmosfera abatajului, în general se poate concluziona că s-a obţinut o îmbunătăţire a indicatorilor la tăiere şi la încărcare, faţă de organele de tăiere originale, după cum urmează: creşterea vitezei de avans a combinelor şi respectiv a productivităţii acestora, la o putere dată, cu 40—80%; reducerea corespunzătoare a consumului specific de energie cu 20—40%; reducerea de 2—3 ori a cantităţii de praf în atmosfera abatajului; îmbunătăţirea granulaţiei cărbunelui tăiat, indeosebi prin scăderea de 5—8 ori a sortului sub 10 mm; creşterea cu 50—60% a cantităţii de cărbune încărcat pe transportor la o cursă a combinei.

Se menţionează că organele de tăiere cu care este echipată combina CA-1 au fost concepute ţinînd seama în primul rînd de comportarea la tăiere a ligniţilor din bazinele Gorj şi Mehedinţi, unde lucrează circa 80% din aceste combine care se fabrică în ţară. În aceste bazine s-au realizat viteze de avans ale combinei de pînă la 7,5 m/min (faţă de maximum 1,7 m/min, cît se realiza iniţial). Întrucît cărbunele din bazinele Cîmpulung—Muscel, Filipeşti de Pădure şi Olt-Olteţ au rezistenţă la tăiere (şi respectiv consum specific de energie) de circa două ori mai mare faţă de ligniţii din bazinele Gorj şi Mehedinţi, rezultă că pentru aceşti cărbuni combina CA-1 este necesar să fie echipată cu organe de tăiere cu un alt număr de cuţite şi o altă schemă de amplasare a acestora. Chiar şi în cazul echipării combinei cu astfel de organe de tăiere nu se întrevede realizarea unei viteze de avans mai mari de 0,9 m/min. În prezent în bazinul carbonifer Filipeşti de Pădure se realizează, utilizînd organe de tăiere originale, o viteză de avans de numai 0,5...0,6 m/min, ceea ce reprezintă mai mult o măcinare a lignitului decît o tăiere. Soluţia de viitor pentru aceşti cărbuni este numai folosirea unei combine cu putere de cel puţin 150 kW (combina CA-1 are 75 kW) echipată cu organe de tăiere corespunzătoare.

Fiind în posesia rezultatelor comportării la tăiere a huilei din bazinul Valea Jiului, în anul 1983 s-au conceput şi s-au proiectat organe de tăiere care s-au utilizat la echiparea combinei CA-5/1 (fig. 5) în cadrul complexului mecanizat tip CMA-5H de la I. M. Lupeni.

În vederea mecanizării tăierii şi încărcării cărbunelui în abataje frontale cu lungime mică şi variabilă în condiţiile stratelor din bazinul Valea Jiului, s-a studiat posibilitatea conceperii şi realizării unei combine adecvate. Studiul efectuat de specialiştii din I.C.S.I.T.U.M.M.R. Timişoara, Atelierul 310 Petroşani, în

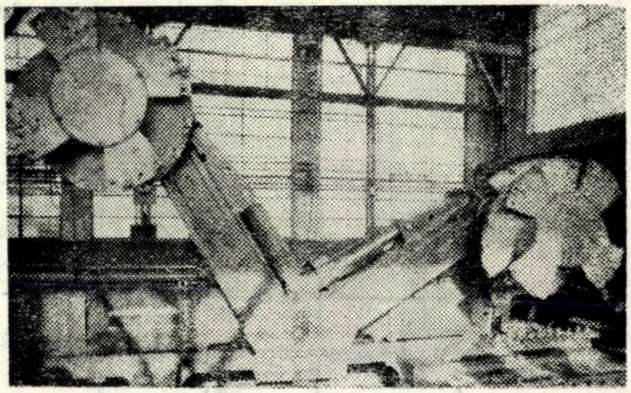


Fig. 5. Combina de abataj CA-5/1.

colaborare cu cadre didactice de la catedra de Maşini Miniere, s-a finalizat cu o temă de proiectare, care a fost avizată favorabil de către C.M.V.J. Petroşani, în ambele variante prezentate, una cu o putere de 63 kW şi alta de 75 kW. Ca urmare a efortului comun depus de cadrele didactice din colectiv şi de proiectanţi s-au soluţionat o serie de probleme mai dificile, printre care şi realizarea rotirii organului tăietor cu 360°, în ambele sensuri, ce constituie obiectul unei propuneri de invenţie. În prezent documentaţia de execuţie a acestei combine se află în fază finală.

Experimentarea combinei de înaintare CI-2 la săparea lucrărilor de deschidere şi pregătire în minele de lignit a scos în evidenţă următoarele aspecte: combina are o construcţie compactă, robustă şi fiabilă; organul de tăiere taie însă aşchii cu grosime mică şi sfărîmă suplimentar cărbunele sau se colmatează în timpul lucrului în argile, ducînd la scăderea productivităţii combinei.

Ca urmare, s-a trecut la studierea tehnologiei de lucru cu combina şi a construcţiei organului de tăiere, ajungîndu-se la concluzia că pentru săparea lucrărilor miniere în cărbune sau în rocile înconjurătoare noi este necesar să se conceapă noi organe de tăiere, ai căror parametri constructivi şi funcţionali să fie corelaţi cu caracteristicile la tăiere ale lignitului.

Pentru realizarea noii scheme de aşezare a cuţitelor a fost necesară stabilirea unei suprafeţe de aşezare a portcuţitelor de formă adecvată şi analiza posibilităţilor de amplasare a portcuţitelor pe aceasta.

În vederea studiului posibilităţilor de amplasare a portcuţitelor pe organul de lucru, a fost necesară stabilirea unui algoritm de calcul, ca şi la organul de tăiere pentru combina de abataj, prin care, plecînd de la coordonatele vîrfurilor cuţitelor, s-a ajuns la determinarea proiecţiilor portcuţitelor pe organul de lucru.

Pentru aplicarea algoritmului de calcul s-a conceput un program de calcul care a fost rulat pe un calculator electronic.

Pe baza studiului efectuat s-a conceput, proiectat și realizat o pereche de organe de tăiere (fig. 6) pentru combina de înaintare CI-2, care constituie și obiectul unei propuneri de invenție, care a fost experimentată și se află

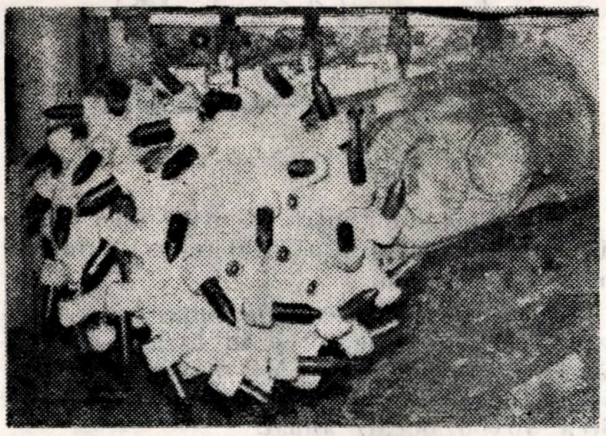


Fig. 6. Noile organe tăietoare pentru combina de înaintare CI-2.

în exploatare într-o galerie a minei Urdari, bazinul Motru.

Cu ocazia experimentărilor s-au efectuat o serie de măsurări comparative pentru a scoate în evidență eficiența în lucru a noilor organe tăietoare față de cele originale. Analizînd variația puterii și a consumului specific de energie, precum și rezultatele analizelor granulometrice și ale măsurărilor privind conținutul de praf în atmosfera galeriei, s-au putut trage următoarele concluzii: productivitatea combinei a crescut cu circa 40—50%, la aceeași putere absorbită din rețea; consumul specific de energie la tăiere s-a redus cu circa 30%; granulația cărbunelui s-a îmbunătățit prin creșterea de 2—3 ori a sortului cu dimensiuni de peste 75 mm și prin scăderea de 8—9 ori a sortului cu dimensiuni sub 8 mm; cantitatea de praf din atmosfera galeriei s-a redus de aproape 3 ori ceea ce îmbunătățește condițiile de muncă și reduce cheltuielile de aeraj.

Rezultatele bune obținute pînă în prezent impun continuarea și dezvoltarea cercetărilor în domeniul organelor de tăiere ale combinelor de abataj și înaintare pentru condițiile din țara noastră, mai ales dacă se ține seama de faptul că în viitor este prevăzută asimilarea unor noi tipuri de combine.

**Bibliografie**


[1] Marian, I. *Contribuții la metodologia de stabilire a parametrilor tamburilor tăietori ai combinelor.* Revista Minelor, nr. 6, 1972.

[2] Marian, I. ș.a. *Cercetări privind organele de tăiere ale combinelor de înaintare CI-2.* Lucrările științifice ale I.M.P, vol. XIX, fascicula 1/1987.

[3] Kovacs, I. *Studiul regimului de lucru al combinelor de abataj.* Teză de doctorat, I.M.P., 1980.

[4] Koronka, F. *Contribuții la mecanizarea tăierii cu combine în abatajele cu front lung la minele de cărbuni.* Teză de doctorat, I.M.P., 1983.


# Cercetări privind fabricarea și recondiționarea sculelor miniere de perforare și tăiere


Conf. dr. ing. **Al. Florea**, șef lucr. dr. ing. **Carmen Florea**,
șef lucr. ing. **Fr. Takacs**


Fabricarea și recondiționarea sculelor miniere de perforare și tăiere constituie, în prezent, o preocupare a specialiștilor pentru obținerea de consumuri specifice reduse, în paralel cu costurile scăzute ale sculelor.

În perforajul percutant se utilizează, cu precădere, capetele de sfredel de tipul „daltă simplă" (fig. 1) în roci moi, nefisurate și „daltă în cruce" în roci tari și foarte tari, ambele armate cu plăcuțe dure din carbură de wolfram; recondiționarea lor se realizează prin ascuțirea tăișului.

În prezent, în țară, capetele de sfredel se execută în atelierele unor întreprinderi miniere sau la întreprinderi constructoare de mașini.

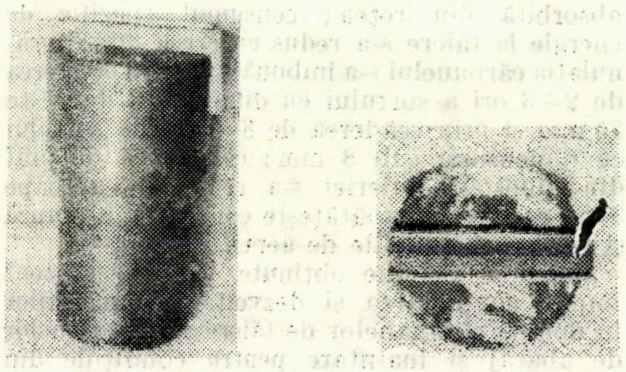
Pentru executarea capetelor de sfredel un colectiv al Catedrei Mașini Miniere a Institutului de Mine din Petroșani a proiectat și realizat S.D.V.-urile necesare prelucrării mecanice, brazării plăcuței dure și verificărilor de calitate.

Plăcuțele dure — executate prin presare și sinterizare — pot fi brazate, fără a li se modifica caracteristicile tehnice, în instalații cu curenți de medie frecvență. Acest procedeu a fost utilizat în încercările experimentale realizate la Atelierul-Școală al Institutului de Mine din Petroșani, folosindu-se un inductor special destinat acestui scop. Aliajul cel mai potrivit, precum și forma și dimensiunile inductorului au fost determinate prin calcul și încercări succesive.

Intensitatea cîmpului magnetic în întrefier (spațiul dintre inductor și capul de sfredel) este, în același timp, și intensitatea cîmpului pe suprafața înfășurării inductorului și, de asemenea, pe suprafața capului de sfredel

Ca urmare, numărul de spire necesar $n$ al inductorului respectă relația:

$$\frac{1}{2}\, a\, H_m = nI_i,$$



a) b)

Fig. 1

unde:

$H_m$ este intensitatea cîmpului magnetic;
$a$ — lungimea inductorului;
$I_i$ — intensitatea curentului electric în inductor.

Pentru inductorul necesar brazării capului de sfredel rezultă $n = 3$.

Aliajul utilizat în încercări, cu cele mai bune rezultate, a fost tabla de alamă.

Locașul pentru plăcuța dură se obține prin prelucrarea mecanică de așchiere a tăișului; îmbinarea pe care o formează locașul și plăcuța au configurația ce rezultă din figura 1.

Tăișul astfel pregătit este supus brazării în CMF și apoi ajustării.

Pentru verificarea rezistenței mecanice a tăișului acesta este supus unei solicitări de forfecare (fig. 2). Sarcina se aplică direct asupra plăcuței dure, prin montarea dispozitivului de

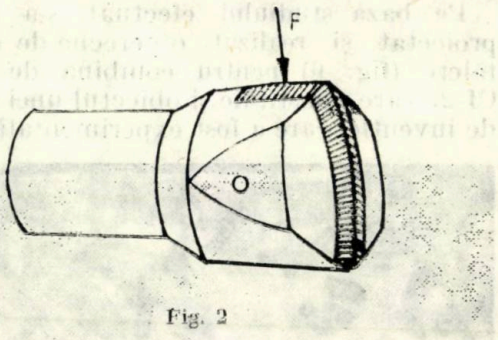



Fig. 2

fixare a sfredelului între bacurile unei prese hidraulice. Se determină rezistența îmbinării locaș-plăcuță dură.

Cuțitele de combine cu cea mai largă utilizare (atît în abataje, cît și în lucrări de pregătire) sînt de tipul CMR-4. Numai în bazinul Valea Jiului consumul lor este de circa 40 000 bucăți anual.

Cuțitele uzate se pot recondiționa, în cazul că au corpul nedeformat, prin încărcarea cu sudură a tăișului și brazarea plăcuței dure în instalații CMF.

Procedeul de recondiționare propus de Institutul de Mine Petroșani pentru cuțitele CMR-4 a condus la realizarea unor consumuri specifice mici 2,9 cuțite/1 000 tone, față de 6,8 cuțite/1 000 tone — cît s-a obținut cu cuțitele noi (la I. M. Lupeni în stratele 3 și 5). Costul unui cuțit recondiționat este cu 30% mai mic decît al cuțitului nou, astfel încît în prezent I.M.P. execută recondiționarea cuțitelor uzate de la I. M. Lupeni.

# Optimizarea consumului de energie electrică în exploatările la zi de lignit

Conf. dr. ing. **A. Stoichițoiu**, șef lucr. ing. **V. Dan**,
șef lucr. ing. **B. Giurgiulescu**, ing. **Rodica Stoichițoiu** *,
asist. ing. **Iuliana Pop**, asist. ing. **Suzana Arad**, ing. **N. Bereci** **

## Introducere

Necesitatea mecanizării proceselor tehnologice miniere din exploatările la zi de lignit a determinat asimilarea și dotarea acestora cu excavatoare cu rotor port-cupe, cu bandă și instalații de haldare, deci utilaje complexe, cu acțiune continuă, de mare productivitate. Extinderea exploatărilor la zi ca suprafață și ca adîncime a dus la mărirea productivității și, respectiv a puterii instalate la astfel de complexe.

În prezent se construiesc și se folosesc, în carierele de lignit, excavatoare cu rotor port-cupe, avînd puterea de acționare a roții de 250—1 800 kW, ceea ce reprezintă circa 15% din puterea totală instalată pe excavator.

Prin comanda optimală a acestor excavatoare, se are în vedere creșterea productivității, o utilizare mai rațională a acestora și reducerea consumului specific de energie electrică.

La Catedra de Fizică-Electrotehnică din cadrul Institutului de Mine, un colectiv de cadre didactice se ocupă cu problema reducerii consumului de energie electrică în carierele de lignit.

* Institutul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectări Miniere pentru Huilă
** Întreprinderea minieră Rovinari

**Reducerea consumului de energie electrică la excavatorul cu rotor port-cupe**

Faptul că în cadrul unei linii tehnologice (excavator cu rotor — sistemul de benzi transportoare — instalația de depunere) excavatorul cu rotor este utilajul de bază, face ca funcționarea sigură a acestuia la capacitatea nominală să aibă o importanță primordială și pentru celelalte utilaje din aval, precum și asupra consumului de energie electrică pe carieră.

La astfel de excavatoare, în practică se aplică schema cînd axa de înaintare este paralelă cu axa de transport a materialului, aplicîndu-se metoda de extragere în bloc, dimensiunile blocului $A_1B_1H$ depinzînd de parametrii constructivi și tehnologici, iar grosimea așchiei excavate variind atît în plan orizontal, cît și în plan vertical. Ca parametri tehnologici s-au considerat: rezistența la săpare $K_1$, grosimea așchiei $S_0$, înălțimea așchiei $h(B_h)$, unghiul de taluz lateral și frontal, temperatura mediului etc. Ținînd seama că procesul de excavare este un proces continuu și considerînd forța de săpare ca formată din forța de tăiere și forța de ridicare a materialului excavat, rezultă expresia (cînd viteza roții $\Omega_r = \dot{\beta} = \text{const}$)

$$F = A \sin\varphi + B\dot{\varphi} + C\dot{\varphi} \sin\varphi; \qquad (1)$$

$$P = a \sin\varphi + b\dot{\varphi} + C\dot{\varphi} \sin\varphi, \qquad (2)$$

în care:

$\varphi$ este unghiul de pivotare;

$\Omega_s = \dot{\varphi}$ — viteza de pivotare;

$A$, $B$, $C$, $a$, $b$, $c$ — coeficienți ce depind de parametrii constructivi și tehnologici ai excavatorului.

Prin aplicarea metodei calculului variațional s-au determinat legi optime de comandă $\dot{\varphi}^* = \dot{\varphi}^*(\varphi)$ la excavator, luînd ca indiciu de performanță forța de săpare (să fie minimă la încălzirea nominală a motorului).

Pentru viteza de pivotare a fost obținută expresia:

$$\dot{\varphi}^* = \frac{(B + C)\dot{\varphi}_0}{B + C \sin\varphi}, \qquad (3)$$

în care:

$\dot{\varphi}_0$ este viteza de pivotare pe axul de înaintare.

Se constată că $\varphi^* = \varphi^*(\varphi)$ depinde de parametrii tehnologici și constructivi ai excavatorului. Folosirea calculatoarelor a făcut posibilă determinarea unor familii de curbe pentru diferiți parametri tehnologici.

Din legea $\dot{\varphi}^* = \dot{\varphi}^*(\varphi)$ pentru excavatorul SRs 470 $\frac{15}{3{,}5}$, s-a obținut relația:

$$\dot{\varphi}^* = \frac{\dot{\varphi}_0}{1 + \frac{b}{2a}\left(1 - \frac{1}{\sin\varphi}\right)\dot{\varphi}_0}. \qquad (4)$$

Se constată, și în acest caz, că în legea optimă de comandă $\dot{\varphi}^* = \dot{\varphi}^*(\varphi)$ intervin parametrii tehnologici și constructivi ai excavatorului.

Colectivul de autori, aplicînd metoda programării dinamice, alegînd aceiași indici de performanță, a obținut legi de comandă $\dot{\varphi}^* = \dot{\varphi}^*(\varphi)$ pentru diferiți parametri tehnologici la excavatoarele SRs — 470 $\frac{15}{3{,}5}$ și SchRs — — 1 400 $\frac{30}{7}$.

La excavatoarele existente $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}(\varphi)$ se modifică, însă în trepte pînă la valoarea $\varphi = \pi/3$ față de axa de înaintare, apoi $\dot{\varphi} = 2\dot{\varphi}_0 = \text{const.}$, existînd pierderi de productivitate, respectiv un consum specific de energie mai mare.

Prin aplicarea legilor optime de comandă obținute se constată că productivitatea crește cu circa 7%, iar consumul specific de energie electrică se reduce cu 6%, obținîndu-se importante economii de energie în procesul de excavare.

**Optimizarea consumului de energie prin îmbunătățirea tehnologiei de exploatare**

Interdependența dintre consumul de energie și producție se manifestă, în principal, prin intermediul tehnologiilor de exploatare, al tehnologiei de excavare în cadrul exploatărilor la zi.

Un indicator sintetic de urmărire, control și compensare este consumul specific de energie definit prin:

$$c_W = \frac{W}{M} = \frac{P}{Q}, \text{ kWh/t}, \qquad (5)$$

unde:

$W$ este cantitatea de energie consumată într-un anumit interval de timp, kWh;

$M$ — producția realizată în intervalul de timp considerat, t;

$P$ — puterea orară consumată, kW;

$Q$ — productivitatea orară a excavatorului, t/h.

Consumul specific este influențat de lățimea blocului de excavare $A$, înălțimea blocului $H$, înălțimea așchiei de lucru $h$, grosimea așchiei $S$, viteza de pivotare $\dot{\varphi}$, unghiul de pivotare $\varphi$.

Explicitînd consumul de energie în funcție de parametrii arătați mai sus, s-a studiat apoi dependența acestuia de fiecare, cu considerarea dependenței dintre ei, adică s-a studiat:

$$c_W = c_W(A, H, h, \dot{\varphi}, \varphi),$$

dacă unul din parametri este constant.

Consumul specific scade cu creşterea lăţimii şi înălţimii şi prezintă un minim pentru anumite viteze de pivotare.

Alegerea corespunzătoare a acestor parametri poate duce la un consum specific minim de energie. Analizînd acest indice la excavatoarele din bazinul Rovinari se poate obţine o reducere a consumului de energie în procesul de excavare cu circa 6–9%, adică cu 2–3% la nivelul unei cariere.

### Optimizarea consumului de energie în procesul de transport al materialului

Factorul de utilizare în timp şi gradul de încărcare a utilajelor din întreg fluxul tehnologic sînt direct legaţi de funcţionarea excavatoarelor. Există totuşi posibilităţi de reducere a consumului de energie în procesul de transport, respectiv :

**a** — deconectarea la mers în gol; calculînd energia suplimentară consumată la pornire se constată că metoda este avantajoasă numai la funcţionări în gol timp de peste 30 min ;

**b** — decuplarea unui motor la acţionările polimotoare; comanda numărului de motoare funcţie de sarcină (încărcarea transportoarelor) poate duce la reducerea consumului de energie cu maximum 1,6% pe cap de acţionare. Metoda este avantajoasă dacă :

$$n\Delta p_n + ip_{mec} \leqslant (n+i)\,\Delta p_{n+i}, \qquad (6)$$

unde :

$\Delta p_n$ reprezintă pierderile în $n$ motoare rămase pentru acţionare;

$p_{mec}$ — pierderi mecanice în cele $i$ decuplate electric;

$\Delta p_{n+i}$ — pierderile în $n+i$ motoare ce acţionau anterior.

### Optimizarea consumului de energie prin reducerea pierderilor în linii şi transformatoare

Căile posibile sînt :

- compensarea puterii reactive; în majoritatea situaţiilor compensarea se realizează pe 6 kV, centralizat, în staţii. Din analiza circulaţiei de puteri, rezultă că se pot reduce pierderile în linii prin compensare locală pe excavatoare şi la capetele de acţionare ale magistralelor, cu maximum 2%;
- asigurarea regimului optim de funcţionare a transformatoarelor. Metoda presupune stabilirea numărului de transformatoare în funcţiune şi încărcarea lor, astfel ca pierderile totale de energie activă să fie minime. Cum staţiile din cariere sînt dotate cu 3–5 transformatoare, se poate reduce consumul prin conectarea lor funcţie de sarcină, cu maximum 0,5%.

### Concluzii

Aplicarea metodelor de mai sus duce la o diminuare a consumului de energie cu circa 10%; evident toate implică investiţii suplimentare. O evidenţiere a factorului de utilizare în timp şi a gradului de încărcare a utilajelor din întreg fluxul tehnologic se poate realiza prin înregistrarea puterii consumate de rotorul excavatorului şi condiţionarea funcţionării întregului flux de încărcarea motorului.

#### Bibliografie


[1] Stoichiţoiu, A., Giurgiulescu, B., Dan, V. *Stabilirea bilanţului electric şi măsuri de reducere a consumului de energie în exploatările la zi.* Contracte de cercetare 1979–1988.

[2] Stoichiţoiu, A., Dan, V., Giurgiulescu, B. *Optimizarea consumului de energie din exploatările la zi prin îmbunătăţirea tehnologiilor de lucru.* Lucrările ştiinţifice I.M.P., vol. XIX, fasc. 1, 1987.

[3] Stoichiţoiu, A., Dan, V., Giurgiulescu, B. *Optimizarea consumului de energie la un excavator cu rotor.* Lucrările ştiinţifice I.M.P., vol. XX, fasc. 1, 1988.

# Optimizarea configurației rețelelor electrice miniere de sector pe baza conceptului de fiabilitate

Conf. dr. ing. **Gh. Stepaneseu**, șef lucr. **Al. Pădure**, asist. ing. **I. Fotău**,
ing. **I. Stepaneseu** *, ing. **I. Cueu** **, ing. **I. Căprar*****

Problemele legate de electrificarea sectoarelor miniere cu grad ridicat de mecanizare și automatizare sînt deosebit de importante și complexe, tratarea lor impunîndu-se cu deosebită stringență, deoarece de modul lor de rezolvare depinde funcționarea normală, sigură și economică a instalațiilor și mașinilor tehnologice miniere [1 ; 2 ; 3].

Tematica acestei lucrări a fost orientată tocmai spre aceste probleme, propunînd noi soluții tehnice prin care se asigură optimizarea configurației rețelelor electrice de sector.

## Modelarea funcționării rețelelor electrice de sector sub aspectul fiabilității și determinarea indicatorilor de fiabilitate

Utilizarea releelor de control al rezistenței de izolație a rețelelor electrice miniere de sector și continuitatea fluxurilor tehnologice din abatajele mecanizate condiționează modelarea funcționării acestor rețele cu ajutorul unei scheme echivalente formate din elemente legate în serie (fig. 1). Pentru studiul evoluției în timp

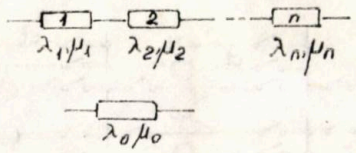



Fig. 1

a stării schemelor de electrificare adoptăm o metodă bazată pe teoria proceselor stochastice de tip Markov [1 ; 3 ; 4], conform căreia probabilitățile de succes și insucces se determină cu următoarele formule generale :

$$P_A = P_0 = \left[1 + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i/\mu_i\right]^{-1} = \frac{\mu_0}{\lambda_0 + \mu_0}; \qquad (1)$$

$$P_B = 1 - P_0 = P_0 \sum_{i=1}^{n} \lambda_i/\mu_i = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \mu_0}; \qquad (2)$$

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i (h^{-1}); \qquad (3)$$

$$\mu_0 = \lambda_0 / \sum_{i=1}^{n} \lambda_i/\mu_i (h^{-1}) \qquad (4)$$

și reprezintă intensitățile de avarie $\lambda_0$ și de reparație $\mu_0$ a schemei echivalente, iar $P_0$ reprezintă probabilitatea tuturor stărilor posibile de funcționare.

Probabilitatea de întrerupere a alimentării cu energie electrică a consumatorilor, datorită acționării releului de control a rezistenței de izolație, se poate aprecia cu ajutorul relației [3 ; 5] :

$$P_a = M(\omega) \cdot t_a \frac{T_i}{T_p}, \qquad (5)$$

$$M(\omega) = exp\ [-M\ (R_{iz})/(R_{cr} + C)], \qquad (6)$$

în care :

$M(R_{iz})$ reprezintă valoarea medie a rezistenței de izolație a rețelei electrice miniere de sector, kΩ ;

$R_{cr}$ — rezistența critică, la care declanșează automat releul de control al rezistenței de izolație, kΩ ;

$C$ — erorile posibile de acționare, $2 \div 5$, kΩ,

rezultînd :

$$K = R_{cr} + C = 16 \div 17,\ \text{k}\Omega;$$

$t_a$ — durata medie a unei acționări a protecției bazate pe aceste relee ;

$T_i$ — durata de timp în care rețeaua de sector a funcționat în intervalul considerat, $O, T_p$.

Întreruperile în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din abataje, în cazul cînd aceștia sînt alimentați de la un singur transformator (fig. 2), pot fi provocate de defectarea echipamentelor electrice miniere și acționarea releului de control al rezistențelor de izolație, astfel că se pot scrie următoarele relații pentru

— probabilitatea stării de funcționare sau de succes :

$$P_S = P_A + P_a = \frac{\mu_0}{\lambda_0 + \mu_0} + t_a \frac{T_i}{T_p} exp[-M(R_{iz})/K]; \qquad (7)$$

* Întreprinderea minieră Lupeni;
** Institutul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectări Miniere pentru Huilă Petroșani;
*** Centrul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectări pentru Securitate Minieră Petroșani

— probabilitatea de întrerupere sau a stării de refuz (de defect):

$$P_R = P_E + P_a = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \mu_0} + \ldots$$

$$\ldots + t_a \frac{T_i}{T_p} exp[-M(R_{iz})/K]. \quad (8)$$

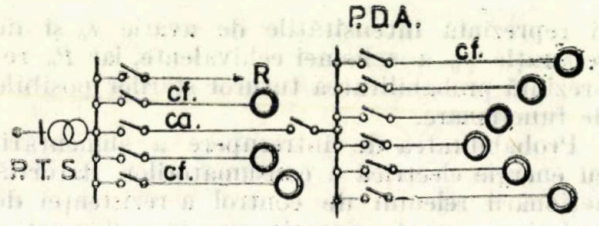



Fig. 2

Dacă consumatorii din abataje se alimentează de la două transformatoare (fig. 3), întreruperea în alimentare va fi provocată de defectele de izolație de pe ambele rețele, astfel că expresia analitică a probabilității de întrerupere, determinată de acționarea releului de control a rezistenței de izolație, devine:

$$P_a = t_a \frac{T_i}{T_p} \left\{ exp[-m \cdot M(R_{iz})/K] + \right.$$

$$\left. + exp\left[ -\frac{m}{m-1} (M(R_{iz})/K) \right] \right\}, \quad (9)$$

unde:

$m$ reprezintă o constantă care ține seama de îmbunătățirea rezistenței de izolație a rețelelor electrice de sector în varianta a doua, $m \geq 1$ (1,05 ÷ 1,3).

Cu ajutorul relațiilor de calcul (7); (8) și (9), indicatorii de fiabilitate ai rețelelor electrice miniere de sector se pot determina cu relațiile:

— durata medie totală de întrerupere în alimentare:

$$M[\beta(t)] = P_R \cdot T_p = (P_E + P_a)\, T_p, \text{ h}; \quad (10)$$

— durata medie a unei întreruperi (sau a unei stări de defect):

$$M[T_d] = 1/\mu_0, \text{h}; \quad (11)$$

— numărul mediu de întreruperi în alimentare, în intervalul de timp considerat $(0, T_p)$;

$$N = M[\beta(t)] : M[T_d]; \quad (12)$$

— daunele economice anuale provocate de întreruperi în alimentarea consumatorilor din abataje sau sectorul minier:

$$D = P_R \cdot Q_{an} \cdot q = P_R \cdot Q_h \cdot T_p \cdot q \text{ lei/an}, \quad (13)$$

unde:

$Q_h$, $Q_{an}$ reprezintă producția medie orară și pe an a abatajului sau a sectorului minier, t;

$q$ — costul unitar al unei tone extrase de cărbune, lei/t.

**Optimizarea numărului de transformatoare electrice pentru alimentarea cu energie electrică a unui abataj mecanizat**

Divizarea sau secționarea schemelor de electrificare a abatajelor mecanizate (fig. 1), în alte forme de scheme independente (fig. 3*a*, *b*) constituie una din soluțiile cele mai eficiente de creștere a fiabilității acestora, deoarece limitează ramificațiile și lungimile rețelelor de cabluri [1; 3; 4].

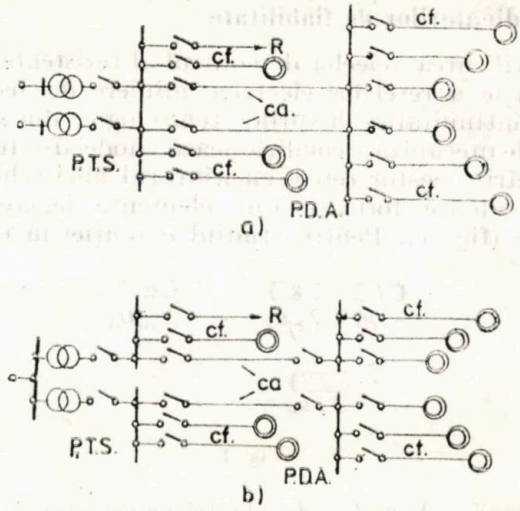



Fig. 3

Numărul rațional de transformatoare într-un post se determină cu ajutorul metodei cheltuielilor anuale de calcul, pentru care funcția obiectiv $Z$, corespunzătoare soluției adoptate [1; 2; 4], are următorul model matematic:

$$Z = (I_c + I_m) \cdot (p_n + p_a + p_r)\, n +$$

$$+ C_p \cdot n + C_m \frac{L}{L_p} \cdot n + \frac{D}{n}, \text{ lei/an}, \quad (14)$$

unde:

$I_c$ și $I_m$ reprezintă cheltuielile de investiții pentru cablurile electrice și lucrările miniere de instalare a P.T.S., lei;

$C_p = S_p d$ — cheltuielile anuale pentru puterea instalată $S_p$ a P.T.S., kVA, cu costul specific $d$, lei/kVA·an;

$n$ — numărul de transformatoare electrice în post;

$C_m$ — cheltuielile de mutare care se repetă la fiecare mutare a P.T.S., lei;

$L$ și $L_p$ — avansarea anuală a fronturilor de lucru și lungimea pasului de mutare a P.T.S., m.

Pentru determinarea numărului optim de transformatoare în sectorul minier aplicăm metoda derivatelor, $dZ/dn = 0$, adică funcția obiectiv este minimă pentru:

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{D}{\left[(I_c+I_m)(p_n+p_a+p_r)+S_p\cdot d+C_m\frac{L}{L_p}\right]}}, \quad (15)$$

condițiile restrictive fiind:

$$min\{Z\} \text{ și } max\{B\}.$$

Aplicațiile practice s-au efectuat în condițiile concrete de la I. M. Lupeni, un abataj frontal din sectorul VI, stratul 5, blocul V, panoul 15, utilizîndu-se programele de calcul automat STEP-13 și 14 [1; 4], scrise în limbaj BASIC, și următoarele date de calcul:

$Q = 130\,000$ t/an;
$L = 250$ m;
$L_p = 125$ m;
$I_c = 387\,600$ lei/km;
$C_m = 23\,500$ lei;
$q = 220$ lei/t;
$d = 240$ lei/kVA·an;
$p_n = 0{,}10$;
$p_a = 0{,}125$;
$p_r = 0{,}005$,

rezultatele obținute fiind următoarele

| Indicatori | $P_S$ | $P_R$ | $M[\beta(t)]$ h | $D$, le/an | $Z$, le/an | $B^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Varianta I | 0,91878 | 0,08192 | 432,73 | 944 084 | 1 450 694 | — |
| Varianta a II-a | 0,94522 | 0,05478 | 278,35 | 642 480 | 968 800 | 330 260 |
| Varianta a III-a | 0,96045 | 0,03955 | 241,25 | 611 089 | 863 570 | 268 690 |

* în comparație cu varianta I

**Optimizarea numărului de elemente redundante de înlocuire în schemele de electrificare a sectoarelor mecanizate subterane**

Lucrările de specialitate și experiența acumulată în electroenergetica minieră [1; 2; 4] evidențiază, ca soluție de bază pentru ridicarea fiabilității schemelor electrice a sectoarelor mecanizate, utilizarea de elemente redundante (de rezervă) de înlocuire pentru liniile și echipamentele consumatorilor tehnologici minieri (combine, transportoare magistrale etc.).

Pentru determinarea probabilității stărilor posibile de funcționare a schemei cu $r$ elemente redundante de înlocuire și $m$ elemente identice legate în paralel (fig. 4), adoptăm o metodă de analiză bazată pe modelarea matematică a schemei cu ajutorul teoriei proceselor stochastice de tip Markov [3]. Determinînd numărul de solicitări la care poate să răspundă redundanța $N_{RS}(r)$ și la care ar trebui să răspundă $N_s(m)$, putem să calculăm probabilitatea de răspuns a redundanței la solicitările elementelor de bază $P_{RS}(r)$, probabilitățile de succes $P_s(r)$ și de insucces $P_R(r)$ și indicatorii principali de fiabilitate:

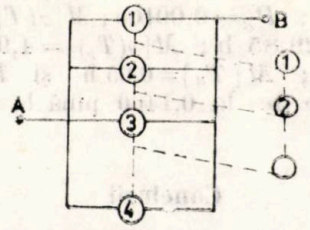



Fig. 4

$$P_{RS}(r) = N_{RS}(r)/N_S(m); \quad (16)$$

$$P_S = P_0\left(1+\sum_{i=1}^{r}\frac{m^i\cdot\lambda^i}{i!\mu^i}\right); \quad (17)$$

$$P_R = P_0\sum_{i=r+1}^{n}\frac{m!\,m^r\cdot\lambda^i}{i!(n-1)!\mu^i}; \quad (18)$$

$$M[\beta(t)] = P_R T_p(h); \quad (19)$$

$$M[\alpha(t)] = P_s T_p(h); \quad (20)$$

$$P_s(r) = M[\alpha(t)]/T_p; \quad (21)$$

$$P_R(r) = M[\beta(t)]/T_p; \quad (22)$$

$$M[\nu(t)] = P_R m.\lambda.T_p. \quad (23)$$

Funcția obiectiv, stabilită pe baza metodei cheltuielilor anuale de calcul cu care se determină numărul optim de elemente redundante de înlocuire [1; 2; 4; 6], are următoarea expresie analitică:

$$Z(r) = r[[I_p(1+n)(p_n+p_a+p_r)+(C_D+C_M)L/L_p+ + C_t\cdot G.L.]+P_R\cdot Q_{an}\cdot q, \text{ lei/an}, \quad (24)$$

unde :

$I_p$ reprezintă cheltuielile de investiții pentru elementele redundante, lei ;

$C_t$ — cheltuielile specifice pentru transport, lei/t·km ;

celelalte au aceeași semnificație ca și în cazul precedent (formula 14), restricțiile fiind $min\{Z(r)\}$ și $max\{B(r)\}$.

Aplicațiile practice s-au efectuat în cazul proiectării schemelor de electrificare pentru abatajele și magistrala de transport de la oriz. 350 din cadrul I. M. Lonea, rezultînd o îmbunătățire a indicatorilor de fiabilitate : $P_s = 0{,}9794$ ; $P_R = 0{,}00106$ ; $M[\alpha(T_p)] \cong 8727$h ; $M[\beta(T_p)] = 29{,}85$ h ; $M[\nu(T_p)] = 4{,}9$ ; $M[T_f] = 1\,776{,}1$ h ; $M[T_d] = 6{,}05$ h și $R(t)$ a crescut în medie de la 0,1460 pînă la 0,981, cînd $T_p = 1$ an.

## Concluzii

Utilizarea redundanței de înlocuire și divizarea schemelor de electrificare de sector au determinat ridicarea performanțelor tehnico-economice a acestor scheme și obținerea de beneficii anuale considerabile : 31÷89 mii lei/element de rețea, respectiv 250÷300 mii lei/P.T.S., confirmîndu-se astfel importanța deosebită a soluțiilor adoptate de optimizare a rețelelor electrice din sectoarele mecanizate subterane.

### Bibliografie


[1] Stepanescu, Gh. ș.a. *Optimizarea schemelor de distribuție a energiei electrice și a factorului de putere la E. M. Călimani, în vederea reducerii consumului și pierderilor de energie electrică.* Contract nr. 609/1983, 1984.

[2] Muravev, P. V., Razghilech, G. I. *Nadejnosti sistem elektrosnabjenia i elektrooborudovaniia podzemnih razrabotok șaht.* Nedra, Moskva. 1970.

[3] Nițu, V. I. *Fiabilitatea instalațiilor energetice.* Ed. Acad. R.S.R., București, 1973.

[4] Stepanescu, Gh. ș.a. *Proiectarea rețelelor de alimentare cu energie electrică a magistralei de transport. oriz. 350 de la I. M. Lonea, cu regim de funcționare în flux continuu.* Lucrările științifice I. M. Petroșani, 1988,


# Automatizarea unor procese miniere în logica programată, utilizînd un echipament modular cu microprocesor


Conf. dr. ing. **E. Pop**, șef lucr. ing. **T. Coroescu**, șef lucr. ing. **Maria Pop**, asist. ing. **C. Mândrescu**, asist. ing. **Angela Egri**, asist. ing. **N. Pătrășcoiu**


## Generalități

Utilizînd tehnica microprocesoarelor, există posibilitatea realizării unui echipament modular de tip microcalculator prin care fiecare algoritm de automatizare să fie programat și introdus în memorii EPROM. În acest sens a fost conceput un echipament programabil pentru automatizări discrete (EPAD-8) sub formă modulară, avînd un număr de 8 intrări și 8 ieșiri logice, realizat cu microprocesorul Z-80. Pentru fiecare aplicație specifică se înlocuiesc numai memoriile EPROM care conțin programul de automatizare, ceea ce conferă dispozitivului de automatizare un înalt grad de flexibilitate și universalitate.

Pentru ca acest echipament să poată lucra în condiții miniere și să fie realizat cu siguranță intrinsecă, s-a impus un consum cît mai redus de energie și o schemă cu minimum de componente (fig. 1). S-a folosit, în acest sens, circuitul LSI, programabil pentru controlul tastaturii și afișajului PKD, I-8279, prin care s-au introdus și cele 8 intrări logice. Ieșirile au fost conectate pe magistrala microprocesorului prin intermediul unui port I-8212.

Ca elemente de comutație s-au folosit atît pentru intrări cît și pentru ieșiri optocuploare ; afișajul s-a realizat cu 6 celule cu 7 segmente, iar tastatura conține 24 taste aranjate într-o matrice $3 \times 8$.

Folosirea eficientă a resurselor hardware ale dispozitivului EPAD-8 se face dotînd echipamentul cu un SOFTWARE rezident în EPROM, avînd un MONITOR și o colecție de subrutine pentru automatizări miniere.

Monitorul admite următoarele comenzi : examinare sau introducere date în memorie, examinare sau introducere date în regiștri, lansare în execuție a unui program de la o adresă dată.

Colecția de subrutine, care pot fi apelate cînd se implementează automatizări programate, cuprinde următoarele :

- Subrutina de tastatură scanată SCANT și citire intrări SENZT realizate programînd adecvat portul PKD.
- Subrutinele de temporizare constantă de 0,2 ms (TEMP2) și variabilă (TEMPV) apelată prin intermediul registrului B și TEMPX cu control de avarie.
- Subrutina CTX de citire a intrărilor și depunere în bufferul (INPBF) și TESTR de testare a intrărilor și generare buffer de stare (STABF).
- Subrutinele ACCA de accelerare și DECA de decelerare a acționărilor cu motoare electrice.

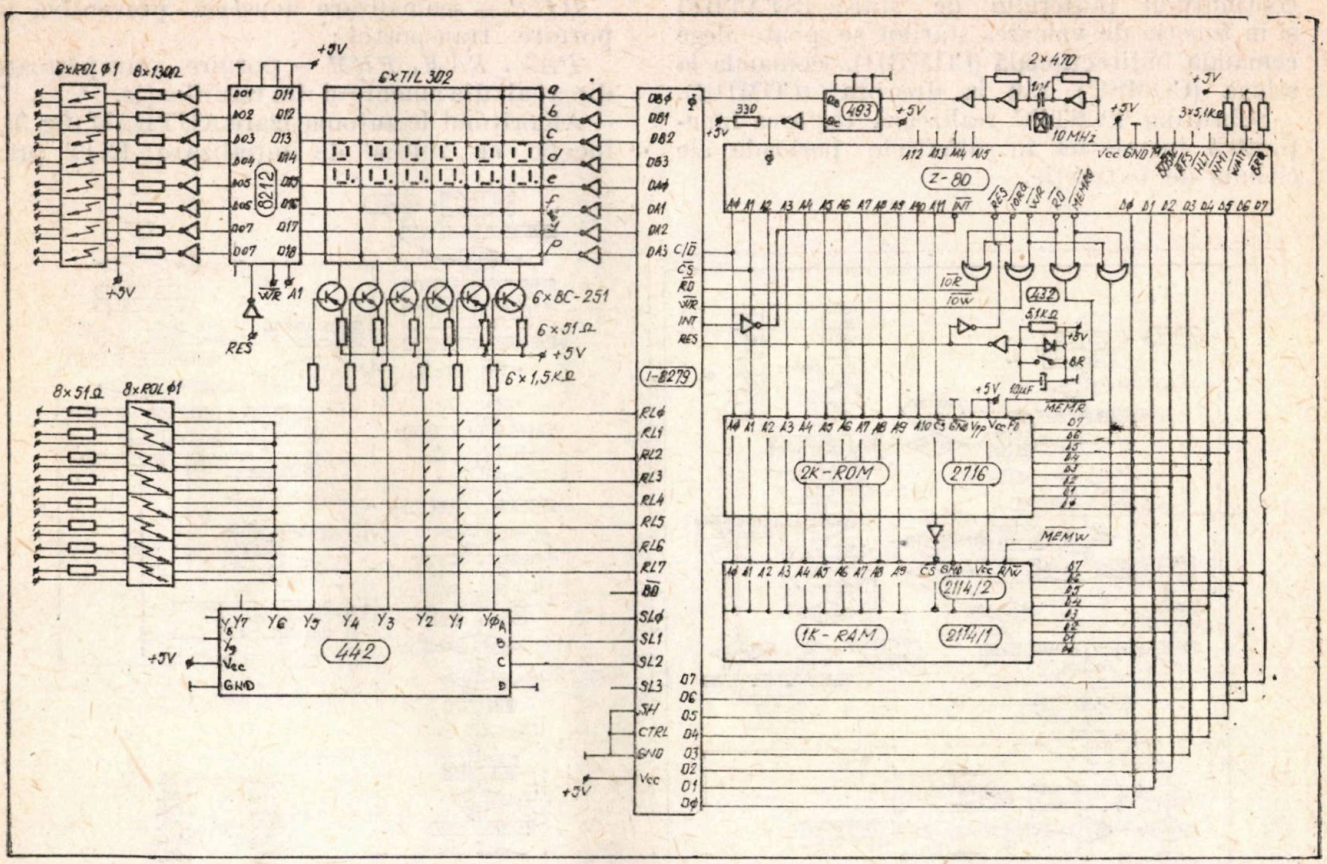



Fig. 1

● Subrutinele ALREG pentru regim automat sau operator; COMST, COMDR, COMBD de alegere a sensurilor de mișcare a motoarelor spre stînga, dreapta sau bidirecțional; START, STOP, STOPA, de pornire, oprire normală sau de avarie.

● Subrutinele ARX, DRX, pentru acționarea sau declanșarea elementelor de execuție.

● Subrutinele AFIS, AFISA pentru semnalizare normală sau de avarie și altele.

Utilizînd modulul EPAD-8 se prezintă cîteva aplicații de automatizări miniere.

### Automatizarea instalațiilor de extracție

În cazul concret al instalațiilor existente acționate cu motor asincron și reostat metalic, tahograma se realizează printr-un număr de 6—8 trepte.

Cele 8 intrări ale modulului EPAD-8 (fig. 2 *a*) sînt următoarele:

*TV* — traductor de viteză;

*TRI* — traductor de prezență la rampă la începutul extracției;

*TA* — traductor de accelerare;

*TR* — traductor de regim;

*TD* — traductor de decelerare;

*TRF* — traductor de prezență la rampă la sfîrșitul extracției;

*TI* — traductor de curent;

*PR* — protecții.

Cele 8 ieșiri reprezintă:

*K*1...*K*6 comanda contactoarelor de scurtcircuitare a treptelor rotorice;

$Y_S$ — comandă sens stînga;

$Y_D$ — comandă sens dreapta.

Algoritmul de automatizare, denumit AUTIEM, este prezentat în figura 2 *b*, în baza căruia a fost scris și programul în limbajul de asamblare al microprocesorului Z-80.

Subrutina INIT realizează inițializarea stivei și a bufferelor de intrare, de ieșire, de stare, de defecte și de temporizare. Apelează subrutinele STOP de declanșare totală, TESTR de citire a traductoarelor și AFIS de afișare a stărilor instalației. Realizează testul de avarie și dacă sînt îndeplinite condițiile comandă oprirea de avarie.

Subrutina ALEGRG realizează selecția regimului de lucru al instalației. Apelează subrutina KEYIN de citire a informației introduse de la tastatură pentru a selecta regimul automat REGAUT sau operator REGOP. Apelează și subrutina TESTR de testare a traductoarelor pentru a trece în regim automat numai atunci cînd vasele sînt la rampe.

Subrutina REGOP realizează comenzile pentru regimul de conducere manuală prin citirea

conținutului bufferului de stare (STATBF) și în funcție de valoarea stărilor se poate alege comanda bidirecțională (COMBD), comanda la stînga (COMST) sau la dreapta (COMDR).

Subrutina TESTFC realizează testarea funcționării instalației în diferitele perioade ale ciclului de extracție.

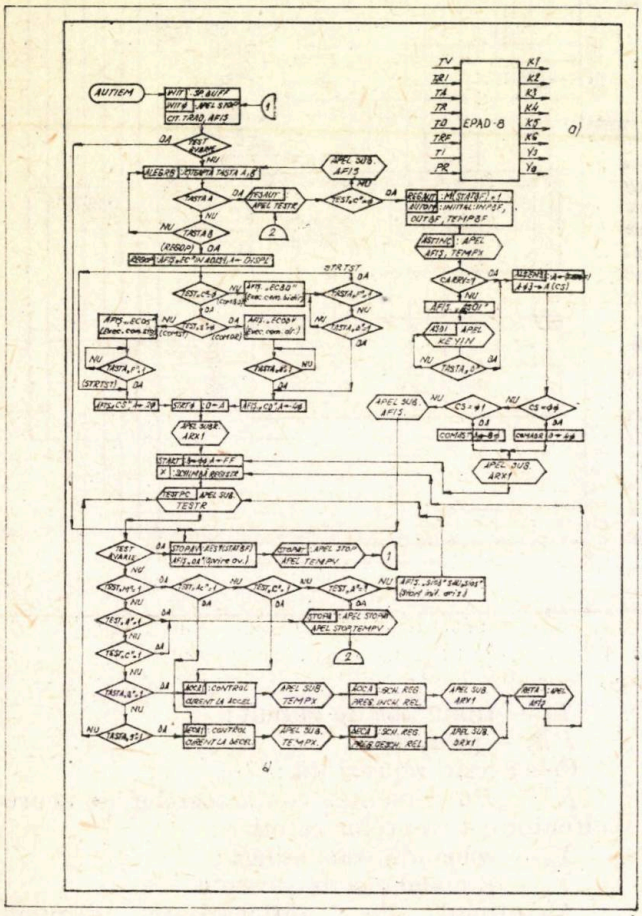


Fig. 2

În regim operator se verifică acționarea tastelor de comandă, trecînd la accelerare sau decelerare automată prin subrutinele de anclanșare ARX1 sau declanșare DRX1 a releelor ce comandă contactoarelor de scurtcircuitare a treptelor reostatice.

### Automatizarea transportoarelor

Cele 8 mărimi de intrare (fig. 3 *a*) sînt :

*TIØ*, *TI*1, *TI*2 — 3 biți ai convertorului A/N de curent ;

*FAV*, *FAM* și *FRM* — semnale de funcționare a transportoarelor din aval, din amonte și din ramificație ;

*TAI* și *TAT* — traductoare de avarie cu acțiune instantanee (DOTA) și temporizată (TVI, IBNA).

Ieșirile sînt : $PM_1 \ldots PM_4$ — pornire acționare 1...4 ;

*HUP* — semnalizare acustică preventivă la pornire transportor ;

*PAV*, *PAM*, *PRM* — pornire transportoare din aval, din amonte și din ramificație.

Algoritmul de automatizare AUTRAM (fig. 3*b*) începe cu rutina de inițializare INIT prin

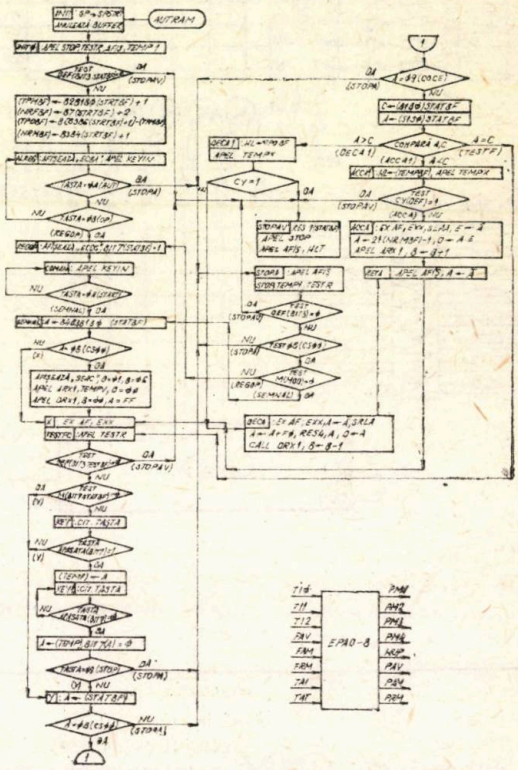


Fig. 3

care se anulează bufferele, se aduce instalația în repaus, după care se citesc traductoarele prin rutina TESTR și se verifică existența vreunui defect, situație în care se comandă rutina STOPAV pentru oprirea de avarie. În lipsa unor defecte se trece la formarea bufferelor auxiliare TPMBF, NRFBF, TPOBF, NRMBF pentru temporizarea pornirii succesive a motoarelor, contorizarea funcționării, temporizarea opririi motoarelor și a numărului de motoare cu care este dotat transportorul. Se trece apoi la alegerea regimului operator (ALREG, REGOP) sau automat cu semnalizare preventivă (SEMNAL). În continuare se citesc din nou traductoarele pentru testarea (TESTFC), după care începe pornirea temporizată a motoarelor cu afișare locală și la distanță.

Se verifică, de asemenea, starea transportoarelor din vecinătate, transmițîndu-se semnale de pornire sau oprire spre amonte, aval sau ramificație.

### Automatizarea pompelor

Intrările în modulul EPAD-8 (fig. 4 *a*) sînt :

*NI*, *NS*1 și *NS*2 — nivel inferior, superior 1 și superior 2 ;

$TH_1$ și $TH_2$ — traductoarele hidraulice ;

$TA_1$ și $TA_2$ — traductoarele din lanțurile de avarii ale celor două agregate hidraulice. Ieșirile sînt : $P_{u1}$, $P_{u2}$, $O_{u1}$ și $O_{u2}$ — pornit/oprit umplere pompe ;

$P_{p1}$, $P_{p2}$, $O_{p1}$ și $O_{p2}$ — pornit/oprit pompe.

Algoritmul de automatizare AUTEVA (fig. 4 *b*) începe cu subrutina INIT, după care, în funcție de bitul O de programare a funcționării

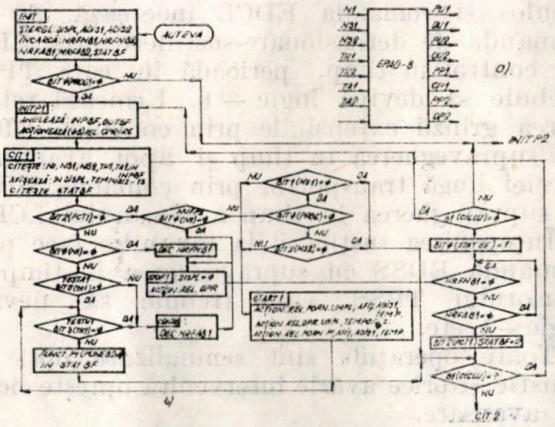


Fig. 4

ciclice a celor două agregate hidraulice, se trece la comanda unuia din agregate. Urmează subrutina CIT1 de citire a traductoarelor și formare a bufferului de stare STATBF.

În continuare se trece la rutina de testare a stării agregatelor și trecere spre rutina START1 de pornire a umplerii cu temporizare și apoi pornirea primului agregat cu semnalizare locală și la distanță. Se trece la testul hidraulic TESTH1 cu revenire spre STOP1 sau intrare în ciclu de verificare continuă a stării procesului de evacuare a apelor.

### Automatizarea distribuției aerului comprimat

Considerînd o rețea de distribuție de la un sector minier (fig. 5 *a*), prevăzută cu electrovane și traductori de presiune diferențială și relativă dispuse pe fiecare ramificație, putem să folosim modulul EPAD-8 pentru automatizarea unui astfel de tronson, alegînd următoarele intrări și ieșiri (fig. 5 *b*) : $u_{DK}$ și $u_{RK}$ — semnale de la traductoarele de presiune diferențială și relativă ;

$y_{VK_i}$ și $y_{VK_d}$ $(K = 1 \ldots 4)$ — semnalele de comandă pentru închiderea respectiv deschiderea electrovanelor.

Algoritmul de conducere AUTRAC (fig. 5 *c*) începe cu subrutina de inițializare INIT, continuînd cu testul de avarie, în care caz se trece la subrutina de STOP cu închiderea tuturor vanelor și afișare locală coloană în gol. Presupunînd toate ventilele deschise $y_{V_d} = 1$ și consumatorii de aer comprimat în funcțiune, semnalele furnizate de traductoare vor fi în logic 1, $u_D = 1$, $u_R = 1$, sistemul afișînd COFC, adică coloană în funcțiune. Dacă la un loc de muncă toate utilajele cu acționare

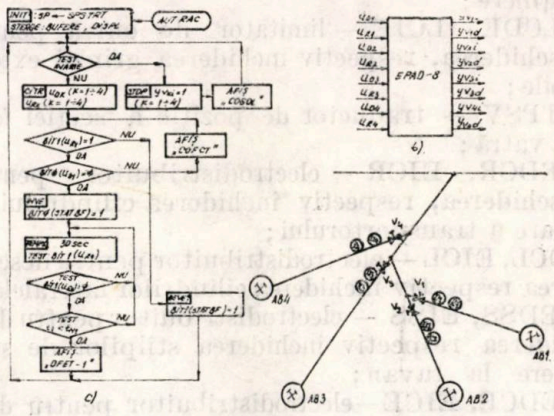


Fig. 5

pneumatică vor trece în repaus, semnalul $u_{DK} = 0$ și în acest caz se dă comanda de închidere a vanei $V_K(y_{VK_i}=1)$, rămînînd coloana plină și $u_{RK} = 1$. Dacă, după un timp, un consumator intră în funcțiune, presiunea în coloană va scădea, iar $u_{RK} = 0$, dîndu-se astfel comandă de deschidere a vanei $(y_{VK_d} = 1)$. Dacă durata dintre oprirea și pornirea consumatorilor este suficient de mare, se va da comanda de deschidere a vanei datorită scăderii presiunii relative $(u_{RK} = 0)$, ca urmare a neetanșeităților, urmînd ca după ce $u_{RK} = 1$ și dacă $u_{DK} = 0$ să se închidă din nou vana.

### Automatizarea susținerii mecanizate de abataj

În acest caz fiecare secție este echipată cu modulul de automatizare EPAD-8, care primește informații de la 8 sensori și transmite 8 comenzi spre elementele de execuție (electrodistribuitoare).

În figura 6 *a* se prezintă dispunerea pe secție a sensorilor și electrodistribuitoarelor, iar

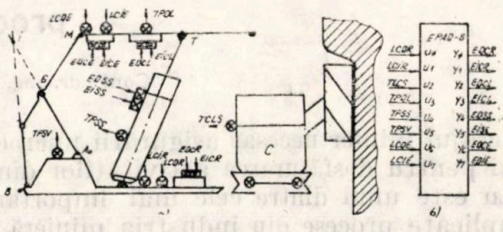


Fig. 6

în figura 6 *b*, alegerea intrărilor și ieșirilor modulului, și anume :

TLCS — traductor pentru localizarea combinei față de secție ;

LCIR, LCDR — limitator de cursă pentru închiderea/deschiderea cilindrului de ripare a transportorului ;

TPDL — traductor de presiune la deschiderea lateralelor ;

TPSS — traductor de presiune în stîlpii de susținere ;

LCDE, LCIE — limitator de cursă pentru deschiderea, respectiv închiderea grinzii extensibile ;

TPSV — traductor de poziție a secției față de vatră ;

EDCR, EICR — electrodistribuitor pentru deschiderea, respectiv închiderea cilindrului de ripare a transportorului ;

EDCL, EICL — electrodistribuitor pentru deschiderea respectiv închiderea cilindrilor lateralelor ;

EDSS, EISS — electrodistribuitor pentru deschiderea respectiv închiderea stîlpilor de susținere la tavan;

EDCE, EICE — electrodistribuitor pentru deschiderea respectiv închiderea cilindrilor grinzii extensibile sau rabatabile.

Algoritmul de automatizare a unui ciclu AUTSMA este prezentat în fig. 7 și începe cu subrutina INIT și testarea avariei, ciclul fiind declanșat de traductorul TLCS, după ce

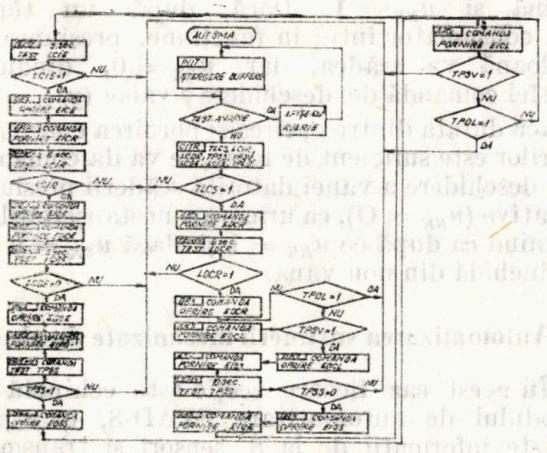


Fig. 7

combina a depășit primele secții, prin împingerea grinzii extensibile în front prin EDCE și supravegherea în timp a sensorului LCDE. Începe riparea transportorului prin transmiterea comenzii spre EDCR, operația fiind controlată în timp și prin semnal de la sensorul LDCR.

Urmează apoi comanda de închidere a lateralelor de etanșare prin EDCL. Simultan se controlează sensorii TPDL și TPSV. Dacă TPSV devine logic — 0, secția s-a înclinat periculos și comanda EDCL încetează. Se dă comanda de detensionare-susținere prin EISS cu control în timp, perioadă în care TPSS trebuie să devină logic — 0. Urmează retragerea grinzii extensibile prin comanda EICE cu supravegherea în timp și apoi avansarea secției lîngă transportor prin comanda EICR și supravegherea în timp a sensorului LCIR.

Înțepenirea susținerii la tavan se face prin comanda EDSS cu supravegherea în timp a sensorului TPSS, care trebuie să devină logic — 1 etc.

Toate operațiile sînt semnalizate optic și acustic și orice avarie intervenită oprește ciclul de avansare.

### Concluzii

**1.** Modulul EPAD-8 asigură o mare flexibilitate și universalitate în automatizări miniere.

**2.** Programele se pot dezvolta chiar pe modul în regim off-line, după care să fie implementate în EPROM.

**3.** Printr-o programare adecvată el poate înlocui actualele dispozitive realizate în logică cablată (BACAIT, BCCTA, BCTC-3) etc.

#### Bibliografie


[1] Logan, I., O'Hara, F. *The complete Spectrum ROM disassembly*. Melbourne House Publisher Globe Cottage, Nashwille, Melbourne, 1983.

[2] Lupu, C., Stăncescu, St. *Microprocesoare. Circuite. Proiectare*. Ed. Militară, București, 1986.

[3] Pop, E. *Automatizări în industria minieră*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1983.


# Posibilități de utilizare a microcalculatoarelor pentru automatizarea procesului de aeraj


Conf. dr. ing. **E. Pop**, șef lucr. ing. **A. Poantă**


Aerajul minier necesar asigurării microclimatului pentru desfășurarea activităților din subteran este unul dintre cele mai importante și complicate procese din industria minieră și un mare consumator de energie.

Prin procesul de aeraj se asigură debitele de aer necesare, variabile în timp, datorită influenței unor factori, și anume : volumul de gaze toxice și explozive ce se emană, gazele și cantitatea de praf rezultate în procesul de abatare, modificarea parametrilor aerodinamici și a configurației rețelei de aeraj, schimbarea condițiilor meteorologice funcție de anotimp etc. În acest context, realizarea unui regim de ventilație economic, care să asigure debitele necesare de aer, devine posibilă doar prin conducerea automată a procesului de aeraj.

## I. Identificarea procesului de aeraj

Identificarea presupune analiza procesului de aeraj în scopul determinării caracteristicilor statice și dinamice ale acestuia. Se consideră schema tehnologică din figura 1, ce constă din

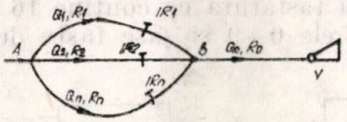


Fig. 1. Schema canonică a rețelei de aeraj.

$n$ ramuri în paralel, fiecare avînd o instalație de reglare proprie $IR_i$ (ușă de aeraj reglabilă), debitul general fiind asigurat prin ventilatorul V. Modificînd rezistența aerodinamică a unei ramuri prin reglarea corespunzătoare a instalației $IR_i$, fie aceasta $IR_1$, va avea ca efect schimbarea atît a debitului de aer $Q_1$, cît și a celorlalte debite $Q_i$ ($i = 2, n$), aferente celorlalte ramuri, conform sistemului de relații (1):

$$\begin{cases} \dfrac{\partial Q_1}{\partial R_1} < 0 \\ \dfrac{\partial Q_i}{\partial R_i} > 0 \end{cases} \tag{1}$$

Deci modificarea debitului într-o ramură presupune o acțiune asupra tuturor instalațiilor de reglare $IR_i$ în sensul dat de relațiile 1.

Considerînd punctul static inițial $A$ ($Q_0$, $H_0$) prin modificarea instalațiilor IR din subteran (fig. 2), se va modifica corespunzător și caracteristica rețelei (curba II) ceea ce va avea ca efect deplasarea punctului static din $A$ în $B$ și deci modificarea debitului inițial $Q_0$. Pentru a păstra debitul inițial $Q_0$ este necesar reglajul ventilatorului, astfel încît funcționarea acestuia să treacă pe caracteristica reprezentată prin curba 2, punctul static deplasîndu-se astfel din $B$ în $C$.

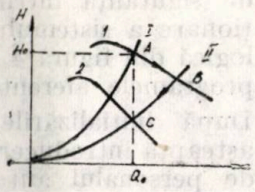


Fig. 2. Graficul de reglare a ventilatorului.

Fenomenele sînt similare în cazul în care una din ramuri, IR, este complet deschisă, iar în această ramură se înregistrează o creștere sau scădere a concentrației de gaze, în celelalte concentrațiile rămînînd neschimbate. În acest caz, se impune o creștere, respectiv o scădere a debitului ventilatorului, acționînd simultan asupra instalațiilor $IR_i$ în sensul realizării debitelor inițiale. O altă situație ce poate să apară constă în creșterea concentrației gazelor în curentul general, fără a se modifica în ramurile paralele. În acest caz se impune o creștere a debitului general $Q_0$, menținînd instalațiile $IR_i$ la reglajul inițial pentru asigurarea unei diluări mai pronunțate în ramuri și deci scăderea concentrației în curentul general. În baza acestei analize pot fi formulate următoarele concluzii:

- menținerea debitelor de aer conform repartiției inițiale se face, în limitele unui anumit domeniu de reglaj, prin acțiunea comună a instalațiilor $IR_i$ și a ventilatorului V;
- în baza sistemului de relații (1) procesul de aeraj poate fi considerat ca un proces multivariabil;
- valoarea prescrisă pentru concentrația unei ramuri trebuie modificată funcție de concentrația în curentul general, sistemul automat fiind astfel un sistem adaptiv;
- se poate găsi un optim din punct de vedere economic (consum minim de energie) al funcționării ventilatorului, sistemul automat putînd fi deci un sistem optimal.

Concluziile formulate conduc la ideea că realizarea sistemului automat pentru conducerea procesului de aeraj presupune analiza instalației de ventilatoare ca obiect de sine stătător și ca element al obiectului de automatizare general ce cuprinde:

— rețeaua de ventilație ca obiect al distribuțiilor automate ale debitelor, analiză prezentată anterior;

— lucrarea minieră ca obiect al reglării automate a concentrațiilor amestecurilor de gaze nocive sau explozive.

Privind lucrarea minieră ca element principal al obiectului de automatizare general, în care se reglează concentrația gazelor, este necesar să se evidențieze două aspecte privind:

— legea de modificare a debitului la sfîrșitul lucrării ca urmare a modificării presiunii la intrare;

— legea de modificare a concentrației gazelor (de regulă $CH_4$) ca urmare a modificării debitului de aer.

Pentru determinarea comportării reale a lucrării miniere, s-a considerat lucrarea minieră cu parametrii uniform distribuiți, iar fluidul compresibil. Utilizînd în acest context ecuațiile de continuitate și stare din mecanica fluidelor pentru o lucrare minieră de secțiune $S$, perimetru $P$, lungime $l$, densitatea aerului $\rho$ și viteza aerului $v$, se poate scrie sistemul de relații:

$$\begin{aligned} &\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{Q}{S}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\rho}{S}\frac{\partial Q}{\partial x} = 0; \\ &-\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\rho}{S}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\rho}{S^2}\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\alpha P Q^2}{S^2}; \\ &\frac{\partial H}{\partial t} = a^2\frac{\partial \rho}{\partial t}, \end{aligned} \tag{2}$$

unde :

$a = \sqrt{\frac{\lambda H}{S}}$ — viteza adiabatică a sunetului în aer ;

$\lambda$ — indicele politropic.

Deoarece viteza aerului în lucrările miniere este mult mai mică decît viteza sunetului și considerînd o liniarizare a caracteristicii ventilatorului în jurul unui punct static de funcționare, se obține funcția de transfer sub forma :

$$G(s) = \frac{Q(s)}{H(s)} = \frac{ke^{-T_0 \cdot s}}{1 + T \cdot s}. \qquad (3)$$

Comportarea reală a lucrării miniere (3) corespunde deci unui element întîrzietor cu timp mort în care $T_0$ — reprezintă constanta de timp corespunzătoare deplasării undei de presiune prin lucrarea minieră.

În ceea ce privește concentrația de metan, este dificil de stabilit o funcție de transfer care să asigure stabilitatea sistemului, datorită numărului mare de factori ce modifică această concentrație. Din acest motiv o valoare momentană izolată nu constituie o mărime validă, în contextul conducerii automate a procesului de aeraj, deoarece nu asigură precizia necesară unei acțiuni de reglaj. În acest sens s-a încercat o identificare experimentală, procedeu complex și de durată, modelul obținut fiind valabil doar un timp limitat, datorită modificării configurației rețelei ca urmare a avansării lucrărilor miniere.

Din aceste considerente s-a conceput un sistem automat în logică programată, prin care datele culese din lucrarea minieră privind concentrația de metan sînt supuse unor prelucrări statistice, pe baza cărora se va putea elabora un model adecvat pentru fiecare lucrare minieră.

## II. Arhitectura sistemului

Sistemul conceput asigură măsurarea concentrației de metan în 128 puncte, dar adaptînd în mod corespunzător traductoarele pentru a asigura compatibilitatea cu liniile de teletransmisie și cu circuitul de interfață pot fi măsurați și alți parametri, cum ar fi viteza aerului, concentrația de monoxid și bioxid de carbon, depresiunea, temperatura. Schema bloc a sistemului este prezentată în figura 3 și constă din unitatea centrală (UCP), circuitul de interfață subteran (CIS), interfața serială (IS), interfață tastatură și DISPLAY (ITD), DISPLAY (D), tastatură, interfață imprimantă (II), imprimanta I.

UCP este realizată în jurul microprocesorului Z-80 (MMN-80) și conține microprocesorul propriu-zis cu circuitul de clock și bufferele de magistrală, memoria ROM care conține programul ce asigură funcționarea sistemului, memoria RAM, porturile de comunicație I/E, circuitele de selecție și decodificare, clock-ul de timp real. IS asigură comunicația cu un calculator ierarhic superior care realizează prelucrarea statistică a valorilor măsurate. ITD asigură comunicația UCP cu un monitor alb-negru sau color și cu tastatura ce conține 16 taste (zece pentru cifrele 0—9 și șase taste de comenzi).

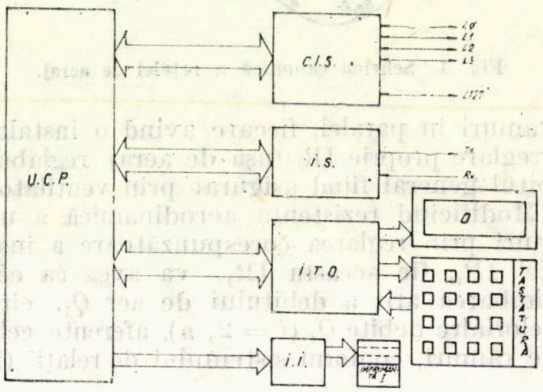



Fig. 3. Schema bloc.

CIS asigură comunicația UCP cu traductoarele din subteran prin liniile de telemăsură $L_0$—$L_{127}$, precum și transmiterea ordinului de decuplare a energiei în cazul depășirii pragurilor prestabilite.

Acest circuit este astfel realizat, încît asigură izolarea galvanică a UCP față de liniile de teletransmisie, cuplate la sistem printr-o barieră de siguranță intrinsecă. Algoritmul de funcționare a sistemului este descris prin schema logică din figura 4 pe baza căreia s-au realizat programele aferente în limbaj de asamblare.

După inițializările h a r d, s o f t, sistemul așteaptă introducerea unui cod cunoscut numai de personalul autorizat, după care trece în regim de c o n f i g u r a r e. Acest regim presupune : programarea zonei (s t a t u s primele 4 linii din cele 24, ce conține *data*, *ora*, *număr*, *linii*), nivelele de alarmă și prealarmă sau afișarea valorilor acestora, alegerea opțiunilor de funcționare manual sau automat. Starea sistemului este afișată în linia de mesaj din zona s t a t u s, iar informațiile aferente stării în zona s i s t e m a DISPLAY-ului (următoarele 20 linii ale monitorului). După configurare se poate lansa sistemul în execuție, alegînd una din cele două opțiuni manual și automat. Regimul m a n u a l este necesar în cazul reglării traductoarelor, interogarea acestora făcîndu-se prin dialog cu operatorul. Regimul a u t o m a t asigură : interogarea ciclică a traductoarelor cu afișarea și tipărirea la imprimantă a concentrațiilor, compararea cu nivelele de alarmă și prealarmă, semnalizînd acustic depă-

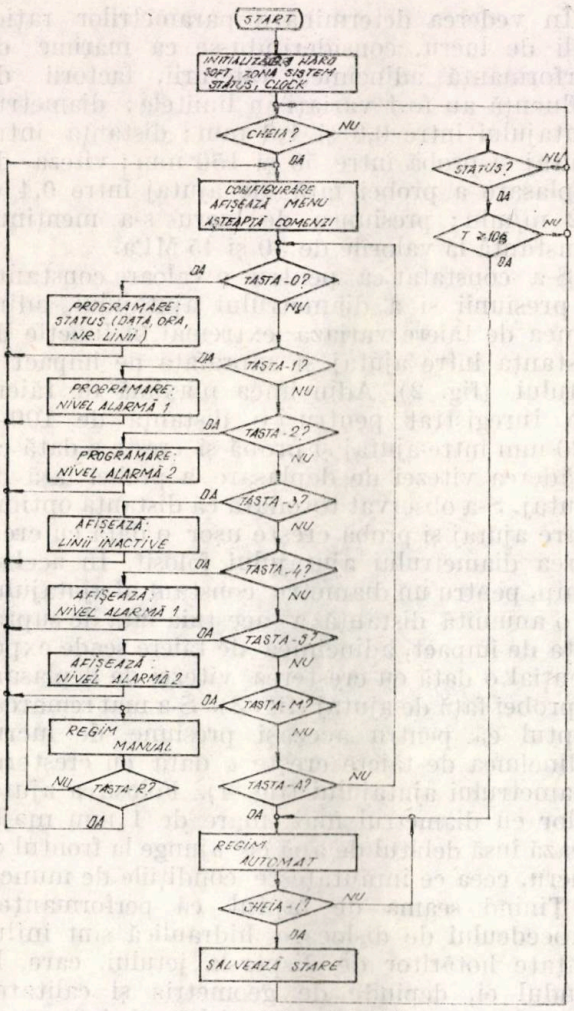



Fig. 4. Schemă logică

şirea pragurilor prestabilite, transmiterea informaţiilor la calculatorul ierarhic superior cu care este interconectat sistemul.

Pentru experimentarea sistemului a fost conceput un model de laborator, rezultatele testărilor confirmînd utilitatea şi importanţa acestuia.

### Concluzii

- Sistemul conceput are o structură elastică, capacitatea acestuia putînd fi stabilită după necesităţi, între 16 şi 128 puncte de măsură, funcţie de care se stabileşte şi numărul cartelelor de linie din CIS între 1 şi 8.
- Durata ciclului de interogare se poate stabili funcţie de numărul punctelor de măsură.
- Durata de interogare a traductorului fiind mică asigură o reducere considerabilă a uzurii filamentelor camerelor de ardere.
- Numărul mare al punctelor de măsură acoperă necesarul unei mine, realizind economii considerabile.
- Sistemul oferă posibilitatea efectuării unor prelucrări statistice, în scopul prognozării evoluţiei concentraţiei de metan, precum şi al elaborării modelului matematic ce caracterizează evoluţia concentraţiei de metan, model util în conducerea automată a procesului de aeraj.

#### Bibliografie


[1] Pop, E. *Automatizări în industria minieră*. Ed. Didactică şi Pedagogică, 1983.

[2] Poantă, A. *Posibilităţi de utilizare a microsistemelor cu microprocesor pentru analiza atmosferei de mină*. Lucrările ştiinţifice ale I.M.P., vol. XIX, fascicula 1, 1987.

[3] Lupu, C. *Microprocesoare. Circuite. Proiectare*. Ed. Militară, 1986.

[4] Toacşe, G. *Introducere în microprocesoare*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1985.


# Cercetări privind utilizarea dislocării hidraulice şi hidromecanice în industria minieră


Prof. dr. ing. **A. Magyari**, asist. ing. **M. Achim**, asist. ing. **S. Radu**, ing. **O. Radu**, şef lucr. ing. **I. Gruneanţu**, ing. **M. Vitionescu**


În vederea creşterii eficacităţii procesului de dislocare a substanţelor minerale utile, în general, şi a cărbunilor, în special, în ultimii ani în cadrul Catedrei de Maşini Miniere a Institutului de Mine din Petroşani s-au efectuat o serie de cercetări legate de folosirea în acest scop a jeturilor de apă de înaltă presiune.

### Cercetări privind dislocarea hidraulică

Experienţa acumulată pe plan mondial în domeniul dislocării rocilor cu jeturi de apă de înaltă presiune a scos în evidenţă o serie de avantaje ale procedeului, cum ar fi: continuitatea procesului tehnologic de extragere; simplitatea, masa şi costul redus al utilajelor de lucru; reducerea gradului de prăfuire a locului de muncă; eliminarea pericolului de incendiu şi de explozii în minele grizutoase; posibilitatea tăierii în forme geometrice regulate a unor substanţe minerale utile şi altele.

După cum se ştie, din punctul de vedere al tehnologiei de dislocare, jeturile hidraulice sînt de două categorii: cu debite mari şi presiuni mici şi cu debite reduse şi presiuni mari. Utilizarea primei categorii de jeturi presupune efec-

tuarea pe cale hidraulică atît a dislocării, cît și a transportului substanței minerale, în timp ce a doua categorie de jeturi se folosește numai pentru dislocarea masei miniere, transportul acesteia făcîndu-se prin mijloace convenționale.

Ținînd seama de condițiile geologo-miniere ce caracterizează zăcămintele de substanțe minerale utile și, în special, pe cele de cărbune din România, cercetările colectivului de autori s-au axat pe folosirea jeturilor subțiri, de presiune ridicată, pentru a limita cantitatea de apă la locul de muncă.

Prima etapă a cercetărilor a constituit-o proiectarea și realizarea unui stand experimental destinat studiului eficacității jeturilor hidraulice în diverse condiții, cu scopul determinării parametrilor tehnici și tehnologici ai utilajelor de lucru. Ca sursă de presiune s-au folosit două agregate hidraulice AH 78/350, precum și un multiplicator de presiune cu dublu efect, cu piston diferențial (fig. 1), obținînd presiuni cuprinse între 30 și 80 MPa.

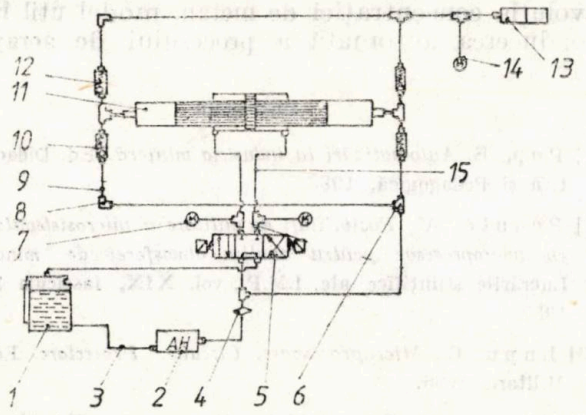



Fig. 1. Schema hidraulică a standului: *1* — bazin de emulsie; *2* — agregat hidraulic AH 78/350; *3* — conducte flexibile DN 25; *4* — filtru; *5* — distribuitor electrohidraulic; *6* — manșon DN-10; *7* — manometru O-600 bar; *8* — manșon cot DN-10; *9* — conducte rigide; *10* — supape de sens; *11* — multiplicator; *12* — supapă de înaltă presiune; *13* — hidromonitor; *14* — manometru O-1 000 bar; *15* — conducte flexibile DN-10.

Încercările s-au efectuat pe probe de cărbuni provenite din blocul III al minei Petrila.

În vederea determinării parametrilor raționali de lucru, considerîndu-se ca mărime de performanță adîncimea tăieturii, factorii de influență au fost variați în limitele: diametrul ajutajului între 0,6 și 1,0 mm; distanța între ajutaj și probă între 50 și 150 mm; viteza de deplasare a probei față de ajutaj între 0,4 și 1,2 m/min; presiunea de lucru s-a menținut constantă la valorile de 30 și 45 MPa.

S-a constatat că pentru o valoare constantă a presiunii și a diametrului ajutajului, adîncimea de tăiere variază extremal în funcție de distanța între ajutaj și suprafața de impact a jetului (fig. 2). Adîncimea maximă de tăiere s-a înregistrat pentru o distanță de 100—120 mm între ajutaj și probă și crește o dată cu scăderea vitezei de deplasare a probei față de ajutaj. S-a observat totodată că distanța optimă între ajutaj și probă crește ușor o dată cu creșterea diametrului ajutajului folosit. În același timp, pentru un diametru constant al ajutajului și o anumită distanță a acestuia față de suprafața de impact, adîncimea de tăiere scade exponențial o dată cu creșterea vitezei de deplasare a probei față de ajutaj (fig. 3). S-a mai remarcat faptul că pentru aceeași presiune de lucru, adîncimea de tăiere crește o dată cu creșterea diametrului ajutajului (fig. 4). Folosirea ajutajelor cu diametrul mai mare de 1 mm majorează însă debitul de apă ce ajunge la frontul de lucru, ceea ce înrăutățește condițiile de muncă.

Ținînd seama de faptul că performanțele procedeului de dislocare hidraulică sînt influențate hotărîtor de dispersia jetului, care, la rîndul ei, depinde de geometria și calitatea suprafeței interioare a ajutajelor, un important volum al lucrărilor de cercetare a fost consacrat conceperii, realizării și experimentării ajutajelor cu diferite forme geometrice și diametre (0,4—1,5 mm), executate din diferite materiale (oțeluri speciale, carburi metalice sinterizate, sticlă, safir), cu scopul de a stabili tipul de ajutaj cu eficiența maximă. În urma numeroaselor încercări experimentale, s-a ajuns la concluzia că cel mai bine se comportă ajutajele de safir de formă cilindrică ($l \approx d$), cu diametrele de 0,8 și 1 mm, celelalte tipuri decalibrîndu-se în timp relativ scurt.

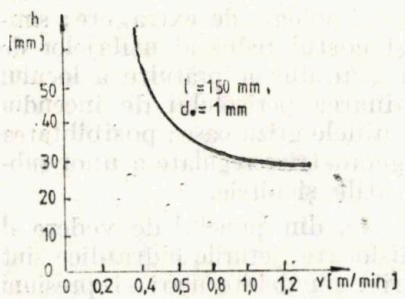



Fig. 2. Dependența $h = F(l)$ pentru $v$ = const. și $d_0$ = const.

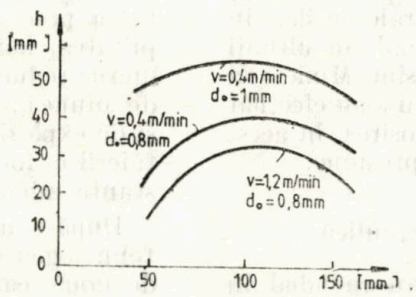



Fig. 3. Dependența $h = F(v)$ pentru $d_0$ = const. și $l$ = const.

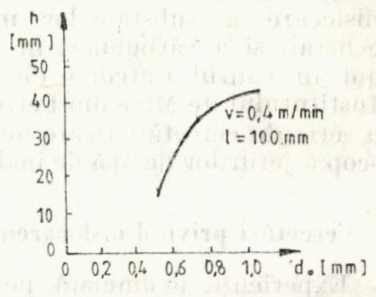



Fig. 4. Dependența $h = F(d_0)$ pentru $v$ = const. și $l$ = const.

Forța de lovire a jeturilor obținute cu diferite ajutaje și presiuni, precum și variația acesteia în funcție de diferiți factori s-au măsurat cu un dinamometru tensometric cu afișaj digital, construit special în acest scop de către colectivul de autori.

Ajutajele au fost montate în suporți speciali, așa-zisele capete de tăiere, în vederea rigidizării și cuplării lor la sistemul hidraulic. Pentru crearea unor făgașe cu lățimi diferite au fost realizate capete de tăiere monojet (cu un singur ajutaj), bijet și trijet (cu două și trei ajutaje).

Încercările de dislocare asupra diferitelor probe de roci au confirmat eficacitatea dislocării hidraulice, rezultînd desprinderea de fragmente sau formarea de făgașe pe o adîncime de 11—15 mm (la o singură trecere) în funcție de structura și gradul de compactitate a probei.

Un capitol important al cercetărilor efectuate de autori în domeniul folosirii jeturilor de mare viteză a fost conceperea și realizarea unor dispozitive portative de dislocare, destinate unor lucrări auxiliare, pentru înlocuirea ciocanelor de abataj pneumatice sau pentru curățarea hidraulică a unor suprafețe cu depuneri de material străin sub formă de crustă (de ex. răcitoarele compresoarelor de aer, interiorul unor conducte și rezervoare). În acest scop au fost realizate și experimentate cinci tipuri de astfel de dispozitive (fig. 5) care funcționează la presiuni cuprinse între 15 și 45 MPa și diferă între ele prin natura subansamblului de comandă și distribuție. Experimentările de laborator au arătat că ele se pot manipula ușor de către un singur lucrător și sînt eficiente la executarea lucrărilor auxiliare menționate, calitatea suprafețelor curățate fiind superioară celei obținute prin metode mecanice.

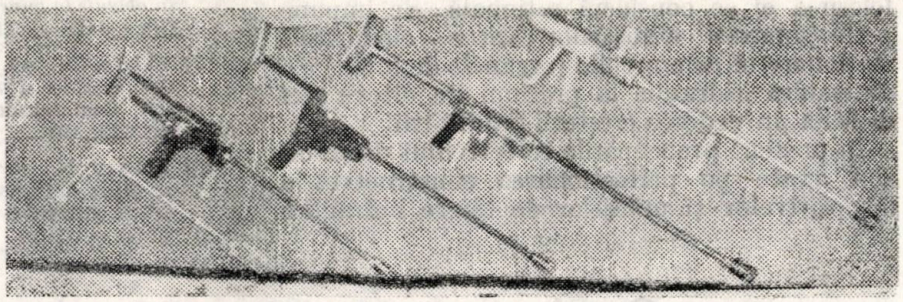


Fig. 5. Dispozitive portative de dislocare hidraulică.

## Cercetări privind dislocarea hidromecanică

Datorită performanțelor tehnologice limitate ale procedeului de dislocare doar sub efectul impactului jetului de lichid cu roca, precum și datorită faptului că pentru îmbunătățirea acestor performanțe se impune utilizarea unor presiuni foarte mari, ceea ce în condițiile existente în subteran ridică probleme dificile, o altă direcție a cercetărilor colectivului de autori a constituit-o aplicarea procedeului hidromecanic de dislocare. Acesta constă în combinarea dislocării mecanice (cu combine sau cu pluguri) cu dislocarea hidraulică, cuțitele organelor de lucru mecanice fiind asistate de către un jet hidraulic.

Deși procedeul de dislocare hidromecanică se află încă în fază experimentală în practica mondială, în prezent s-au conturat deja unele avantaje substanțiale față de dislocarea pur mecanică atît la combinele de abataj și de înaintare, cît și la pluguri, ca de exemplu: reducerea puterii necesare pentru tăiere și încărcare cu 30—40%; micșorarea cu circa 20% a ponderii materialului mărunt; reducerea cantității de praf; scăderea uzurii specifice a cuțitelor și în consecință a consumului de cuțite.

Presiunea folosită pentru crearea jeturilor se află în limitele 30—65 MPa.

Încercările de tăiere hidromecanică a cărbunelui, efectuate pe standul de încercări realizat în Laboratorul de Hidromecanizare al Institutului de Mine au avut ca scop corelarea unor parametri ca: viteza de tăiere, presiunea de lucru și grosimea așchiei, mărimi care să servească la proiectarea și realizarea unor organe de lucru hidromecanice. În acest sens s-au proiectat și realizat două variante de dispozitive portcuțit și cuțite asistate de jeturi; o variantă la care lichidul traversează longitudinal cuțitul și iese printr-un ajutaj amplasat

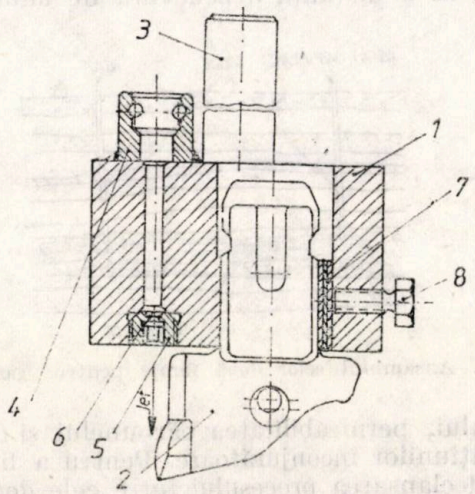



Fig. 6. Cuțit de combină asistat de jet: *1* — bac; *2* — cuțit; *3* — tijă; *4* — manșon pentru sudare DN-10; *5* — suport duză; *6* — duză; *7* — placă de distanțare; *8* — șurub M 10×25.

în apropierea vîrfului cuțitului și o variantă la care ajutajul este amplasat lîngă cuțit, punctul de impact al jetului cu roca fiind la circa 2 mm în fața cuțitului (fig.6). Ținînd seama de faptul că această a doua variantă este mai simplă și mai fiabilă, fără să necesite modificarea construcției cuțitelor, ea a fost adoptată. Presiunile utilizate nu au depășit 30 MPa, în vederea utilizării agregatelor hidraulice AH 78/350 care pot funcționa în minele grizutoase.

Încercările de laborator efectuate la tăierea cărbunelui din bazinul Valea Jiului au confirmat avantajele acestei metode și, ca urmare, folosirea ei se consideră rațională. Se impune perfecționarea etanșărilor între elementele staționare și cele mobile (organele de lucru) ale sistemului hidraulic la presiuni de cîteva zeci de MPa, în vederea creșterii fiabilității.

În prezent preocupările colectivului de autori sînt axate pe perfecționarea constructivă a dispozitivelor și utilajelor de tăiere hidraulică și hidromecanică realizate, precum și pe creșterea performanțelor tehnologice ale acestora, în vederea aplicării lor în practică. În acest sens, există preocupări legate și de cercetarea eficacității dislocării cu jeturi hidraulice cu conținut de particule abrazive, precum și de crearea de noi surse de presiune, prin utilizarea efectului electrohidraulic.

**Bibliografie**


[1] Iliaș, N., Magyari, A., Gruneanțu, I. *Studiul posibilităților de aplicare a tăierii hidromecanizate în abataje la minele de cărbuni.* Contract de cercetare științifică IMP—ICITPMH, nr. 643, 1984.

[2] Iliaș, N. ș.a. *Cercetări de laborator privind realizarea de dispozitive și mijloace de tăiere hidromecanizată în abataje.* Contract de cercetare științifică IMP—ICITPMH, nr. 629, 1985.

[3] Iliaș, N. *Realizarea și experimentarea unor mijloace de tăiere hidromecanizată a cărbunelui.* Contract de cercetare științifică IMP—ICITPMH, nr. 765, 1987.


# Gazeificarea subterană a cărbunelui în România


Conf. dr. ing. **R. Czibula**, ing. **I. Foeșa** *, ing. **N. Duma** *


Cercetările legate de gazeificarea subterană din țara noastră au început în anul 1975, mai întîi în faza de laborator, apoi în faza pilot. În perioada 1977—1978 a funcționat în zona Rovinari o platformă experimentală, unde s-au realizat o serie de experimente cu rezultate deosebit de încurajatoare.

În cele ce urmează se trec în revistă problemele tehnice ale gazeificării și rezultatele obținute în cadrul experimentărilor.

Accesul la strat se face prin foraje. Procesul de conversie are loc între două foraje (fig. 1) aflate la o distanță dependentă de adîncimea

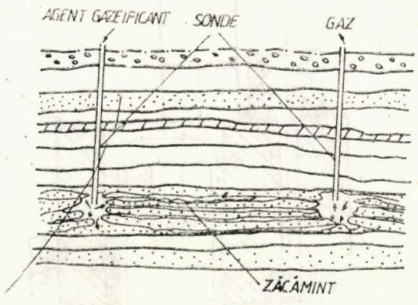



Fig. 1. Ansamblul celor două foraje pentru gazeifcare.

stratului, permeabilitatea cărbunelui și natura formațiunilor înconjurătoare. Pentru a fi posibilă declanșarea procesului între cele două foraje, trebuie să existe o comunicare : fie naturală, fie creată artificial prin metode consacrate :

*1* — fracturarea hidraulică, constînd din injectarea apei sub presiune într-unul din foraje, care pătrunzînd între planele de stratificație creează o comunicare ;

*2* — fracturarea pneumatică — asemănătoare cu cea descrisă anterior, însă cu aer comprimat de înaltă presiune ;

*3* — electrocarbonizarea — care constă în amplasarea unor electrozi, în foraje, care realizează un curent electric în strat, acesta realizînd uscarea și apoi piroliza unui canal.

O metodă de perspectivă este forajul dirijat, care, deși necesită utilaje pretențioase, este sigură.

Comunicația odată realizată, se trece la pregătirea gazogeneratorului subteran. În primul rînd, se procedează la o lărgire a canalului. Metoda care a dat rezultatele cele mai bune este cea a retrocombustiei. Unul din foraje este alimentat cu aer, iar în celălalt se aprinde stratul. Frontul de combustie migrează către sursa de aer, realizîndu-se o lărgire a canalului prin consumarea unei părți din cărbune. În cazul în care comunicația nu asigură un debit suficient, se inversează rolul forajelor și se încearcă o nouă retrocombustie.

În cercetările ce s-au făcut la Rovinari în anul 1977, lîngă cariera Poiana, într-un strat de grosime 4—5 m, aflat la adîncimea de circa 30 m, s-a realizat fracturarea pneumatică și retrocombustia, reușindu-se legarea a două foraje aflate la distanța de 15 m unul de altul, în cinci zile. Ulterior, cînd în anul 1986 a devenit posibilă „dezgroparea" gazogeneratorului sub-


* I.C.I.T.P.M.L. Craiova

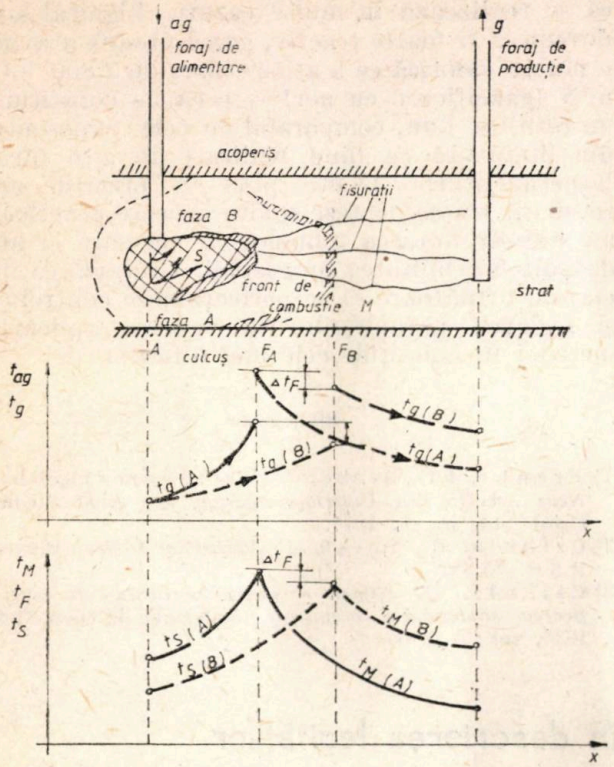



Fig. 2. Gazeificarea în echicurent.

teran (în fosta zonă experimentală s-a extins cariera învecinată), s-a remarcat faptul că realizarea comunicației a fost favorizată de o serie de fisuri microtectonice preexistente în strat.

Aprinderea s-a realizat cu un aprinzător de concepție originală cu arc electric [2]. Ulterior s-au încercat și alte soluții de aprindere, astfel că această problemă este astăzi bine pusă la punct.

După ce toate aceste preparative de legare a forajelor au fost îndeplinite, iar debitul de circulație este suficient pentru o bună stabilitate a procesului, se trece la gazeificarea propriu-zisă. Aceasta poate decurge în echicurent (fig. 2) sau în contracurent (fig. 3), în funcție de condițiile existente în zăcământ. Gazeificarea în echicurent se pretează atunci cînd există pericolul unui aflux excesiv de apă. În acest caz suprapresiunea creată limitează sau înlătură afluxul excesiv de apă. În aceste condiții, gazul care trece prin canal „pregătește" următoarea porțiune de strat pentru gazeificare : datorită temperaturii ridicate se produce uscarea și chiar piroliza zonelor adiacente canalului. Din această cauză, gazul este umed și conține multe produse de piroliză. Gazeificarea în contracurent are avantajul că produsele de piroliză, trecînd prin zona de gazeificare, suferă ele însele o conversie, umiditatea gazului este mai mică (vaporii participă la reacție) și, în general, randamentul energetic este mai bun.

În cadrul încercărilor amintite, s-a realizat gazeificarea în contracurent în prima etapă (1977) în condițiile unui strat fără aflux important de apă, iar în a doua etapă (1978) o gazeificare în echicurent cînd, datorită unor deranjamente în acoperișul stratului, s-a observat o pătrundere importantă de borchiș în foraj, care a fost periodic expulzat din foraj prin erupții spectaculoase intermitente (cca. 10 min. interval) pînă la aproximativ 30 m înălțime. Aceasta s-a datorat formării unor dopuri de abur sub presiune , create prin vaporizarea apei de către gazele fierbinți rezultate care, depășind presiunea hidrostatică a borchișului, au creat acest fenomen. Evident, în asemenea condiții nu poate fi conceput un proces industrial, însă experimentul atestă — ceea ce este un fapt evident că realizarea gazeificării subterane presupune existența unui strat cantonat între ecrane impermeabile suficient de groase, care să nu-și modifice rezistența mecanică și permeabilitatea sub influența temperaturilor ridicate (chiar 1 300°C), existente în gazogenerator. În experimentul aferent fazei a doua,

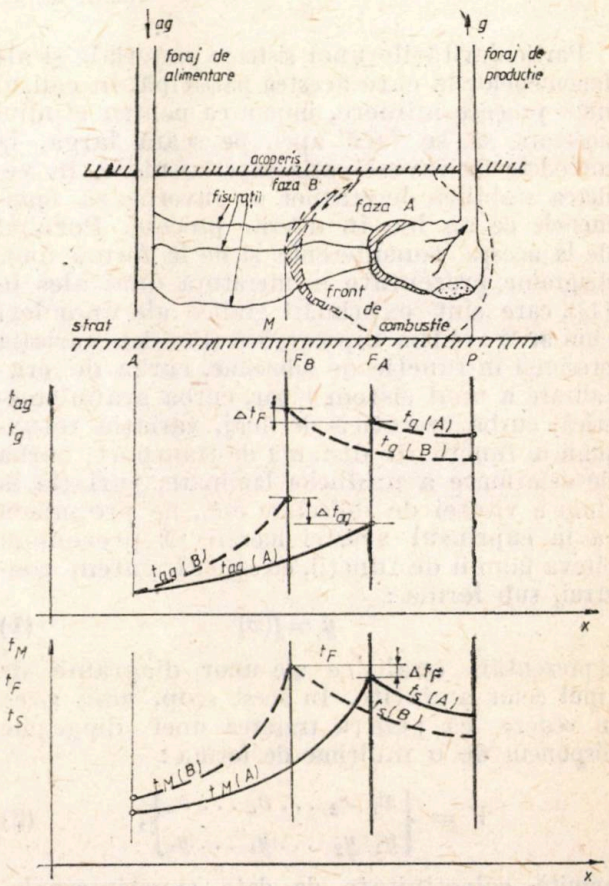



Fig. 3. Gazeificarea în contracurent.

s-a reușit și realizarea unui „frontal" de gazeificare subterană, prin trecerea de la o pereche de foraje la alta, ceea ce de fapt constituie unul din scopurile finale ale cercetării în vederea implementării industriale a acestei tehnologii.

În următoarea etapă s-a trecut la experimentarea tehnologiei de gazeificare subterană la adîncime mai mare (180 m) în zona Ișalnița. S-a reușit conducerea procesului doar într-un singur foraj (gazogenerator individual). Afluxul mare de apă (la presiune ridicată, datorită condițiilor hidrogeologice) a împiedicat continuarea procesului.

Toate cercetările menționate au fost efectuate sub coordonarea I.C.I.T.P.M.L. Craiova.

Încercările făcute pînă în prezent în țara noastră atestă că tehnologia de gazeificare subterană a lignitului reprezintă o alternativă pe deplin aplicabilă pentru extragerea potențialului energetic al stratului. Evident, trebuie ca zăcămîntul să se preteze pentru aceasta, în primul rînd să fie cantonat între ecrane impermeabile suficient de groase, condiție care s-a constatat că se realizează în multe cazuri. Lignitul s-a dovedit a fi foarte reactiv, gazul produs a avut o putere calorică ce a atins valori de 2 800 kJ/m$^3$N (gazeificare cu aer) — ceea ce constituie un rezultat bun, comparabil cu cele cunoscute din literatură ca fiind realizate în alte țări. Experimentările făcute pînă în prezent au reușit să fundamenteze multe aspecte practice, au stabilit dotarea tehnologică necesară și au dovedit fezabilitatea procesului. Urmează ca în etapele următoare să se perfecționeze controlul și reglarea parametrilor în vederea aplicării metodei în condițiile cele mai diferite.

**Bibliografie**


[1] Franke, Fr., Beckervordersandforth, Chr. *Neue Ansätze zur Untertagevergasung von Kohle.* Glückauf 114, nr. 6, 1978.

[2] Czibula, R., Focșa, I. *Aprinzător de strat.* Brevet R.S.R. 75 381.

[3] Czibula, R. *Aspecte energetice particulare la gazeificarea subterană a cărbunelui.* Conferința de energetică 1986, vol. 3, p. 65.


# Familii de funcții utilizabile în descrierea legităților unor fenomene miniere


Conf. dr. T. **Noaghi**, asist. S. **Noaghi**


Particularitățile unor sisteme materiale și ale fenomenelor la care acestea participă, în cadrul unor procese miniere, impun ca pentru studiul acestora să se facă apel, pe scară largă, la metodele de investigație experimentale, în vederea stabilirii legităților ce guvernează fenomenele ce au loc în diferite procese. Pornind de la aceste considerente și de la forma unor diagrame prezentate în literatură (mai ales în [4]), care sînt exprimări grafice ale unor legi cum ar fi : curba hipsografică (Penck), variația presiunii în funcție de adîncime, curba de cristalizare a unui sistem binar, curba granulometrică, curba teoretică de fluaj, variația rotunjimii în funcție de distanța de transport, curba de deformare a profilelor laminate, variația în timp a vitezei de defectare etc., ne propunem ca în cuprinsul acestei lucrări să prezentăm cîteva familii de funcții, cu care să putem construi, sub forma:

$$y = f(x) \tag{1}$$

reprezentări analitice ale unor diagrame de tipul celor amintite. În acest scop, vom avea în vedere că pentru trasarea unei diagrame dispunem de o mulțime de forma:

$$V = \begin{Bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_i & \dots & x_n \\ y_1 & y_2 & \dots & y_i & \dots & y_n \end{Bmatrix}, \tag{2}$$

numită colectivitate de date experimentale, ale cărei elemente sînt obținute prin măsurare și cu ele se construiesc punctele $M_i(x_i, y_i)$ $(i = 1, 2, \dots, n)$, prin care va trece diagrama. Pe lîngă aceasta, pentru alegerea funcției $f(x)$, cu care să construim ecuația (1), dintr-o anumită familie precizată, putem apela la „metoda celor mai mici pătrate". Pentru familiile de funcții prezentate, în cele ce urmează vom pune în evidență particularitățile de formă ale graficului, proprietăți specifice ale elementelor familiei și forma concretă a criteriului de alegere a unei funcții din familie, obținute pe baza „metodei celor mai mici pătrate", cu care să construim reprezentarea (1) a unei diagrame concrete. Așa cum se va putea vedea în cele ce urmează, ne vor fi utile două grupe de mărimi, notate cu $X_k$ și $[X_k, Y_j]$, ce pot fi obținute cu elementele colectivității $V$, prin egalitățile:

$$X_k = \frac{1}{n}(x_1^k + x_2^k + \dots + x_i^k + \dots + x_n^k) \tag{3}$$

numită **moment individual de ordinul** $k$ și:

$$[X_k, Y_j] = \frac{1}{n}(x_1^k y_1^j + x_2^k y_2^j + \dots + x_i^k y_i^j + \dots + x_n^k y_n^j) \tag{4}$$

numită **moment corelativ de tipul** $(k, j)$.

*Familia cubicelor*, $\Gamma$ este familia formată din totalitatea funcţiilor de forma: $f: \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ definite printr-o lege de corespondenţă:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d, \tag{5}$$

în care, pentru fiecare element al familiei $a$, $b$, $c$, $d$ sînt constante reale date ($a \in \mathbb{R}$, $b \in \mathbb{R}$, $c \in \mathbb{R}$, $d \in \mathbb{R}$) şi $a \neq 0$. Pe baza celor de mai sus, deducem că avem de-a face cu o familie depinzînd de patru parametri ($a$, $b$, $c$, $d$), prin ale căror valori se precizează diferite elemente ale familiei $\Gamma$.

Pentru a pune în evidenţă forma graficului unor funcţii din această familie, vom avea nevoie de derivatele de ordinul întîi $f'$ şi doi $f''$, ale căror rădăcini le vom nota cu $u_1$, $u_2$ şi respectiv $v_0$. Pentru stabilirea acestora şi a semnelor derivatelor $f'$ şi $f''$, un rol important îl au mărimile $a$ şi $\Delta = b^2 - 3ac$, iar din punctul de vedere al comportamentului acestora, vom avea de-a face cu următoarele situaţii:

$\Delta \leqslant 0$, caz în care $u_1$, $u_2 \in \mathbb{C}$ sau $u_1$, $u_2 \in \mathbb{R}$ şi $u_1 = u_2 = v_0$;

$\Delta > 0$, caz în care $u_1$, $u_2 \in \mathbb{R}$ şi $u_1 < v_0 < u_2$.

Dacă avem de-a face cu o diagramă, pentru trasarea căreia au fost utilizate punctele $M_i(x_i, y_i)$ ($i = 1, 2, \ldots, n$), obţinute cu o colectivitate de forma (2), pentru care căutăm o reprezentare analitică (1), în care $f(x)$ să fie de forma (5), aplicînd „metoda celor mai mici pătrate", pentru determinarea coeficienţilor $a$, $b$, $c$, $d$, vom fi conduşi la rezolvarea următorului sistem de ecuaţii:

$$\begin{aligned} X_6 a + X_5 b + X_4 c + X_3 d &= X_3 Y_1 \\ X_5 a + X_4 b + X_3 c + X_2 d &= X_2 Y_1 \\ X_4 a + X_3 b + X_2 c + X_1 d &= X_1 Y_1 \\ X_3 a + X_2 b + X_1 c + d &= Y_1, \end{aligned} \tag{6}$$

ai cărui coeficienţi şi termeni liberi se obţin cu relaţia (3) şi respectiv (4).

*Familia* $\mathscr{E}$ este familia formată din totalitatea funcţiilor de forma $f: [-b, +b] \to \mathbb{R}$, definite printr-o lege de corespondenţă de forma:

$$f(x) = a\sqrt{b^2 - x^{2k}} \tag{7}$$

unde, pentru fiecare element al familiei, $a$ şi $b$, sînt considerate constante reale date ($a \in \mathbb{R}$, $b \in \mathbb{R}$), iar $k$ o constantă naturală dată ($k \in \mathbb{N}$). În felul acesta avem de-a face cu o familie depinzînd de trei parametri, doi reali şi unul natural. În vederea trasării graficului unui element al acestei familii, vom determina expresiile derivatelor de ordinul întîi $f'$ şi doi $f''$, expresii care arată că oricare ar fi acest element, precizat cu valorile parametrilor $a$, $b$, $k$, cele două derivate au numai o singură rădăcină, care este comună: $x_0 = 0$. Utilizînd acest rezultat, împreună cu semnele celor două derivate, putem trasa graficul unui element arbitrar al familiei care depinde, printre altele, de semnul parametrului $a$.

Dacă din familia $\mathscr{E}$ considerăm submulţimea $\mathscr{E}_k$, formată din totalitatea funcţiilor care au o valoare fixată pentru parametrul $k$, se poate demonstra valabilitatea rezultatului următor.

P r o p o z i ţ i a 1. Dacă $y$ este un element arbitrar al familiei $\mathscr{E}$, care face parte din submulţimea $\mathscr{E}$, atunci acesta este soluţia următoarei ecuaţii diferenţiale:

$$xyy'' + xy'^2 + (1 - 2k)\, yy' = 0. \tag{8}$$

Forma ecuaţiei diferenţiale (8) pune în evidenţă faptul că elementele $y$ din submulţimea $\mathscr{E}_k$, care satisfac această ecuaţie, pot fi interpretate ca linii geodezice ale unei anumite suprafeţe, proprietate care dă o caracterizare de tip extremal a acestor funcţii.

Presupunînd că avem dată o diagramă construită cu punctele $M_i(x_i, y_i)$ ($i = 1, 2, \ldots, n$), obţinute cu ajutorul unei colectivităţi $V$, de forma (2), pentru a obţine reprezentarea sa analitică (1), în care $f(x)$ este de forma (7), vom face apel la „metoda celor mai mici pătrate" care va conduce la următorul sistem de ecuaţii:

$$\begin{aligned} p - X_{2k} q &= Y_2; \\ X_{2k} p - X_{4k} q &= [X_{2k}, Y_2], \end{aligned} \tag{9}$$

ai cărui coeficienţi şi termeni liberi sînt daţi de relaţiile (3) şi (4). Pentru o valoare fixată a lui $k$, cu ajutorul acestui sistem obţinem pe $p$ şi $q$, iar cu ajutorul acestora parametrii $a$ şi $b$ sînt daţi de egalităţile:

$$a = \pm\sqrt{q}; \quad b = \pm\sqrt{\frac{p}{q}}, \tag{9'}$$

semnele cărora se vor stabili în funcţie de poziţia graficului faţă de reper.

*Familia* $\mathscr{B}$ este formată din totalitatea funcţiilor de forma $f: [-1, +1] \to \mathbb{R}$, definite printr-o lege de corespondenţă de forma:

$$f(x) = ax^{2k}\sqrt{1 - x^2}, \tag{10}$$

unde, pentru orice element al familiei, $a$ se consideră o constantă reală şi $k$ o constantă naturală ($a \in \mathbb{R}$, $k \in \mathbb{N}$) date. În acest fel avem de-a face cu o familie de funcţii depinzînd de doi parametri. În vederea reprezentării grafice a unui element al acestei familii,

vom stabili derivatele de ordinul întîi $f'$ și doi $f''$ și din expresiile obținute, pentru aceste derivate, va rezulta valabilitatea următoarei proprietăți.

P r o p o z i ț i a 2. Dacă $f$ este un element arbitrar al familiei $\mathscr{B}$, atunci, el are două puncte de maxim: $x_0'$, $x_0''$, un punct de minim $u_0$ și două puncte de inflexiune $u_0'$, $u_0''$, care au următoarele valori:

$$x_0' = -\sqrt{\frac{2k}{2k+1}}\,;\quad u_0 = 0\,;\quad x_0'' = \sqrt{\frac{2k}{2k+1}}\,;$$

$$u_0' = -\sqrt{\frac{8k^2+1-\sqrt{32k^2+1}}{4k(2k+1)}}\,;$$

$$u_0'' = \sqrt{\frac{8k^2+1-\sqrt{32k^2+1}}{4k(2k+1)}}\,. \tag{11}$$

Utilizînd acest rezultat, împreună cu semnele celor două derivate $f'$ și $f''$ putem stabili forma graficului.

Din rezultatul de mai sus, constatăm că parametrul $k$ este cel care ne precizează valorile punctelor de extrem și de inflexiune, motiv pentru care îl vom numi r e g l a t o r d e f o r m ă.

Pe lîngă rezultatul prezentat, pentru elementele familiei $\mathscr{B}$ se mai pot pune în evidență și următoarele proprietăți.

P r o p o z i ț i a 3. Dacă $f$ este un element arbitrar al familiei $\mathscr{B}$, atunci egalitățile următoare:

$$\int_{-1}^{1} f(x)\mathrm{d}x = 1$$

și:

$$a = \frac{2^{k+1}(k+1)!}{(2k+1)!!} \tag{12}$$

sînt echivalente.

P r o p o z i ț i a 4. Dacă $f$ este un element arbitrar al familiei $\mathscr{B}$, iar $F$ este dat de egalitatea:

$$F(x) = \int_{-1}^{x} f(t)\,\mathrm{d}t, \tag{13}$$

atunci el admite următoarea exprimare:

$$F(x) = a\frac{\sqrt{1-x^2}}{2k+1}\left[x^{2k+1} - \right.$$

$$-\frac{(2k-1)}{k!}\sum_{i=1}^{k}\frac{(k-1)!}{2^i(2k-2i+1)!!}x^{2k-2i+1} +$$

$$\left. + \frac{(2k-1)!!}{2^{k+1}(k+1)!}\arcsin\left(x+\frac{\pi}{2}\right)\right]. \tag{14}$$

P r o p o z i ț i a 5. Dacă $f$ este un element arbitrar al familiei $\mathscr{B}$, atunci au loc următoarele egalități:

$$\int_{-1}^{1} xf(x)\mathrm{d}x = 0\ ;\quad \int_{-1}^{1} x^2 f(x)\mathrm{d}x = a\frac{2k+1}{2(k+2)}. \tag{15}$$

Aceste ultime trei rezultate pun în evidență faptul că elementele familiei $\mathscr{B}$, care satisfac condițiile (12), pot fi utilizate ca densități de probabilitate, ce conduc la funcția de repartiție (14) și mediile și dispersiile (15).

P r o p o z i ț i a 6. Dacă $y$ este un element arbitrar al familiei $\mathscr{B}$, atunci acesta satisface următoarea ecuație diferențială:

$$(1-x^2)^2xy'' - (1-x^2)^2xy'^2 + (1-x^2)^2yy' +$$

$$+ 2xy^2 = 0. \tag{16}$$

Această proprietate dă și ca o caracterizare de tip extremal elementelor familiei.

În condițiile în care avem o diagramă, construită cu ajutorul unei colectivități de forma (2), pentru stabilirea reprezentării sale analitice (1), în care $f(x)$ este de forma (10), cu un $k$ fixat, parametrul $a$ se determină cu ajutorul următoarei egalități:

$$a = \frac{[X_{2k}, Y_2] - [X_{2k+2}, Y_2]}{X_{4k} - 2X_{4k+2} + X_{4k+4}}. \tag{17}$$

Familiile de funcții prezentate, împreună cu proprietățile pe care acestea le posedă, asigură posibilitatea exprimării analitice a unui însemnat număr de legi ale unor fenomene miniere și prin aceasta putem să studiem aceste fenomene prin metode analitice care, printre altele, facilitează utilizarea sistemelor de calcul automat și asigură obținerea mai rapidă și mai precisă a rezultatelor.

**Bibliografie**


[1] D o b r e s c u, A. *Geometrie diferențială*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1963.

[2] N o a g h i, Tr., B u t u l e s c u, I., G o j a, I. *Curs de algebră liniară, geometrie analitică și diferențială și ecuații diferențiale*. Litografia I. M. Petroșani, 1986.

[3] S m o l e a ń s k i, M. L. *Tabele de integrale nedefinite*. Ed. Tehnică, București, 1972.

[4] * * * *Manualul inginerului de mine*. Vol. I, II, III, IV, Ed. Tehnică, București, 1984, 1985, 1986, 1988.

# Drumuri minime într-un graf

Asist. C. Zăvoianu, șef lucr. dr. ing. I. Miriță

În această lucrare sînt prezentați patru algoritmi ce pot fi utilizați pentru aflarea drumurilor minime dintr-un graf orientat $G = (X, \Gamma)$ cu $|X| = n$ vîrfuri.

Fiind dat un graf $G = (X, \Gamma)$, arcele sale pot fi puse în corespondență cu numerele reale $c_{ij} = l(x_i, x_j)$, pentru $x_j \in \Gamma(x_i)$, numite capacități ale acestor arce. În practică se cere frecvent determinarea unui drum elementar de la un vîrf $s \in X$ la un vîrf $t \in X$, astfel încît lungimea (valoarea) sa să fie optimă (maximă, respectiv minimă). Rezolvarea unei astfel de probleme conduce la un model de programare liniară, dar au fost, însă, dezvoltați algoritmi specifici, construiți pe principiul de optimalitate al lui Bellman.

În cele ce urmează, abordăm problema drumurilor minime într-un graf în ideea că nu există circuite de lungime negativă.

1. *Algoritmul lui FORD* — pentru aflarea drumurilor minime ce pleacă din vîrful $x_1$ către toate celelalte vîrfuri, în cazul costurilor generale.

Matricea costurilor se definește astfel: $C = (c_{ij})_{n\times n}$ unde:

$$c_{ij} = \begin{cases} l(x_i, x_j)\,; & \text{dacă } x_j \in \Gamma(x_i)\,; \\ \infty\ \ ; & \text{dacă } x_j \notin \Gamma(x_i), \end{cases}$$

iar algoritmul constă în:

— inițializarea mărcilor (pasul 1): $l^1(x_i) = c_{1i}$, $\forall i = \overline{2, n}$; $l^1(x_1) = 0$;

— reactualizarea mărcilor (pasul $K$; $K \geqslant 2$): pentru fiecare arc $(x_i, x_j)$ se determină:

$$l^k(x_j) = \begin{cases} l^{k-1}(x_i) + c_{ij}\,; & \text{dacă } l^{k-1}(x_j) - l^{k-1}(x_i) > c_{ij} \\ l^{k-1}(x_j)\ \ \ ; & \text{dacă } l^{k-1}(x_j) - l^{k-1}(x_i) \leqslant c_{ij}. \end{cases}$$

— testarea de optim: pasul $K$ se execută de maxim $(n-1)$ ori. Dacă în final avem numai inegalități de forma:

$$l^k(x_j) - l^k(x_i) \leqslant c_{ij},\ \forall i = \overline{1, n} \text{ și } \forall j = \overline{1, n}$$

atunci $l^k(x_i)$ reprezintă valoarea minimă a drumurilor de la $x_1$ la $x_i$, iar drumul minim de la $x_1$ la $x_n$ este oferit de succesiunea inversă a vîrfurilor de la $x_n$ la $x_1$ care conțin numai egalități de forma:

$$l(x_j) = l(x_i) + c_{ij},\ \text{cu } j = n \text{ (inițial)}.$$

2. *Algoritmul lui BELLMAN — KALABA* — pentru aflarea drumurilor minime ce pleacă din vîrfurile $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$ către vîrful final $x_n$ în cazul costurilor nenegative.

Matricea costurilor se definește astfel: $C = (c_{ij})_{n\times n}$ unde:

$$c_{ij} = \begin{cases} l(x_i, x_j)\,; & \text{dacă } x_j \in \Gamma(x_i) \\ 0\ \ \ ; & \text{dacă } i = j \\ \infty\ \ \ ; & \text{dacă } x_j \notin \Gamma(x_i) \end{cases}$$

iar algoritmul este următorul:

— inițializarea mărcilor (pasul 1): $v_i^1 = c_{in}$, $\forall i = \overline{1, n}$;

— reactualizarea mărcilor (pasul $k$, $k \geqslant 2$): se determină:

$$\begin{cases} v_i^k = min\,\{v_j^{k-1} + c_{ij}\}, & \forall i = \overline{1, n-1} \\ v_n^k = 0 \end{cases}$$

— testarea de optim: pasul $k$ se execută de maxim $(n-1)$ ori, dar dacă la un moment dat vom avea ca:

$$v_i^k = v_i^{k-1},\ \forall i = \overline{1, n}$$

algoritmul se oprește și $v$ reprezintă valoarea drumurilor minime de la $x_i$ la $x_n$. Drumul minim de la $x_i$ la $x_n$ este oferit de succesiunea vîrfurilor pentru care avem egalități de forma: $v_i^k = c_{ij} + v_j^k$, graful parcurgîndu-se de la $x_i$ spre $x_n$.

3. *Algoritmul lui DIJKSTRA* — pentru determinarea drumurilor minime de la $s$ la $t$, în cazul costurilor nenegative. Matricea costurilor se definește tot ca și în cazul precedent, iar algoritmul constă într-un sistem de marcare, fiecare vîrf primind o marcă $m(x_i)$ care poate fi temporară sau permanentă. În momentul în care marca devine permanentă, reprezintă chiar lungimea drumului minim de la $s$ la $x_i$.

Algoritmul este următorul:

— inițializarea mărcilor:

$m(s) = 0$; și se declară permanentă;

$m(x_i) = \infty$; $\forall\, x_i \neq s$;

$p = s$; $p$ este ultimul vîrf care a primit marcă permanentă;

— reactualizarea mărcilor: pentru $\forall x_i \in \Gamma(p)$ și care nu are marcă permanentă se determină:

$$m(x_i) = min\{m(x_i), m(p) + l(p, x_i)\}\,;$$

— fixarea unei mărci permanente: se determină $x^* \in X$ pentru care:

$$m(x^*) = min\,\{m(x_i)\},$$

minimul fiind luat numai pentru vîrfuri cu marca temporară, se declară $m(x^*)$ permanentă și se pune $p = x^*$.

— testarea de optim: se reia procesul de reactualizare, dacă $p \neq t$.

Drumul minim de la $s$ la $t$ este oferit de succesiunea inversă a vîrfurilor de la $t$ la $s$, conținînd numai egalități de forma:

$$m(x_j) = m(x_i) + l(x_i, x_j), \quad \text{cu } x_j = t \text{ (inițial).}$$

4. *Algoritmul lui FLOYD* — pentru aflarea drumurilor minime, situate între orice pereche de vîrfuri, în cazul costurilor generale.

Această problemă poate fi rezolvată folosind de $n$ ori unul din algoritmii precedenți, dar complexitatea algoritmilor obținuți astfel crește cu cel puțin un ordin de mărime. Matricea costurilor se definește ca în cazul precedent, iar algoritmul este:

— inițializarea: $k = 0$

— pasul $k$: a) $k = k + 1$

b) pentru $\forall$ pereche $(i, j)$ cu $i \neq k$, $j \neq k$,

$c_{ik} \neq \infty$, $c_{kj} \neq \infty$ punem: $c_{ij}^{(k)} = min\ \{c_{ij}^{(k-1)}, c_{ik} + c_{kj}\}$.

— testul de oprire:

a) dacă $c_{ii}^{(k)} < 0$, pentru un $i$ oarecare, avem circuit de lungime negativă și algoritmul se oprește;

b) dacă $c_{ii} > 0$, $\forall i = \overline{1, n}$, iar $k = n$, atunci elementele matricei $C = (c_{ij})_{n \times n}$ reprezintă lungimile drumurilor minime de la $x_i$ la $x_j$, $\forall i = \overline{1, n}$ și $\forall j = \overline{1, n}$.

c) dacă $c_{ii} \geq 0$, $\forall i = \overline{1, n}$, iar $k < n$ se trece la pasul următor.

Corespunzător fiecăruia din algoritmii prezentați, s-a alcătuit un program FORTRAN. Programele au structură modulară, fiecare fiind alcătuit dintr-un program principal și două subprograme de tip SUBROUTINE, unul din subprograme avînd funcția de a realiza descrierea algoritmului (exceptînd faza de inițializare), iar al doilea subprogram are funcția de a determina succesiunea de vîrfuri prin care trece drumul minim.

**Bibliografie**


[1] Livovschi, L., Georgescu, H. *Sinteza și analiza algoritmilor*. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1986.

[2] Niculescu, St. *FORTRAN — inițiere în programarea structurată*. Ed. Tehnică, București, 1979.


# Preocupări privind aplicarea laserelor în lucrările de topografie minieră


Prof. dr. ing. **N. Dima**, șef lucr. dr. ing. **I. Pădure**, șef lucr. ing. **Stanca Niculescu**, lector fiz. **V. Munteau**, asist. ing. **O. Herbei**


Punerea în valoare a zăcămintelor de substanțe minerale utile necesită realizarea unui ansamblu de lucrări miniere — de deschidere, pregătire și exploatare — cu durată de funcționare, la dimensiunile proiectate, cît mai mare.

Această cerință coincide cu menținerea elementelor geometrice ale lucrărilor miniere în perioada utilizării lor și eliminarea operațiilor auxiliare, efectuate cu cheltuieli suplimentare, privind întreținerea, eventual reprofilarea lor.

Ca o consecință, urmărirea în timp a deplasării și deformării lucrărilor miniere, respectiv încadrării acestor modificări în limitele admisibile, se face prin lucrări topografice specifice subteranului.

În acest sens, observațiile topografice se realizează în raport cu o bază de urmărire: unul sau două fire cu plumb pentru puțurile verticale de mină, o direcție pentru lucrările miniere orizontale sau înclinate.

Firul cu plumb este deviat de la verticală datorită influenței curenților de aer, iar poziția sa de echilibru se stabilește anevoios și imprecis.

Direcția în subteran, prin viza teodolitului sau a nivelului, este deviată datorită proprietății de refracție accentuată a aerului de mină, care are în componența sa particule de apă, praf de cărbune și de rocă în suspensie.

Toate carențele bazei topografice de urmărire pot fi înlăturate prin utilizarea fasciculului unui laser — antigrizutos — care are capacitatea de a-și menține coliniaritatea pe direcția verticală, înclinată sau orizontală pe care a fost transmis.

Astfel, pentru lucrările subterane din România, Institutul de Mine din Petroșani a realizat un laser cu He—Ne antigrizutos, aprobat de C.C.I.T.P.S.M. Petroșani.

Urmărirea topografică privind buna funcționare a puțului vertical de mină constă în stabilirea corectei suprapuneri pe verticală a secțiunilor succesive ale moazelor. Metoda constă în proiectarea a două fascicule laser într-un compartiment al puțului, față de care vor fi înregistrate deviațiile și rotirea diferitelor secțiuni în raport cu secțiunea de la suprafață (fig. 1), secțiunea zero.

Metoda comportă o fază de verticalizare a fasciculelor și o fază de observații topografice.

În prima fază se alege un compartiment de lucru al puțului în care, la suprafață, se așază, pe două grinzi transversale, două lasere.

Pe capacul coliviei din compartimentul de lucru se așază o oglindă orizontală. O astfel de oglindă constă într-o tavă cu diametrul de 20÷25 cm, în care se toarnă circa 5 kg Hg acoperit cu o peliculă de 1÷2 mm glicerină ce evită oxidarea mercurului. Procedeul este destul de scump, iar, de regulă, mercurul se recuperează greu. Colectivul de autori a propus o oglindă așezată într-un sistem cardanic cu o greutate reglabilă de orizontalizare. În prezenta lucrare se propune o oglindă cu Ø 25 cm, lipită pe o cutie goală, cu înălțimea de 5 cm, etanșă și închisă ermetic, ce plutește într-o cuvă cu ulei ars (fig. 2).

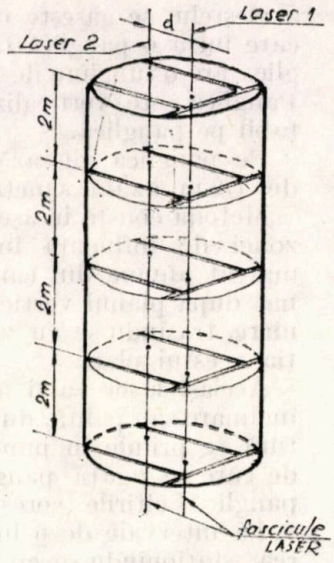



Fig. 1

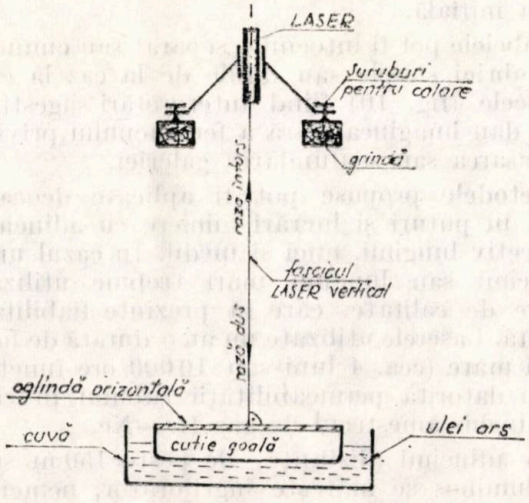



Fig. 2

Se coboară colivia cu circa 20 m de la suprafață, se proiectează fasciculul laser în oglindă, se calează și se mișcă oglinda pînă cînd pata fasciculului se prinde din nou în obiectiv (autocolimare). În acest stadiu, fasciculul este vertical. Se mută oglinda sub cel de-al doilea laser, verticalizîndu-l și pe acesta. Verificarea se face prin măsurarea distanței $d$ dintre axele laserelor la suprafață și între spoturile luminoase de pe capacul coliviei.

La readucerea coliviei în dreptul primului rînd de moaze — secțiunea $S_1$ — se retrage oglinda de pe colivie și în locul ei, pe planșete, se așază hîrtie milimetrică pe care se trasează axa longitudinală a coliviei și axele transversale (fig. 3); intersecția axelor longitudinale cu transversalele se găsește în dreptul spoturilor laser ($F_1$ și $F_2$). Pe aceleași planșe se desenează un cerc al abaterii maxim admisibile a coliviei de la verticală.

Se coboară colivia, se oprește și se fixează în dreptul fiecărui rînd de moaze, notîndu-se pozițiile corespunzătoare (fig. 4) și urmărind în același timp dacă fasciculul laser iese din cercul abaterii maxime. Lucrătorii de la puț pot interveni imediat pentru remedierea abaterilor ($S_9$ $S_{10}$...). La terminarea observațiilor se demontează laserele, se readuce colivia la zi, se analizează graficele realizate, transferînd datele pe graficele de evoluție a deplasării și deformării în timp a puțului vertical.

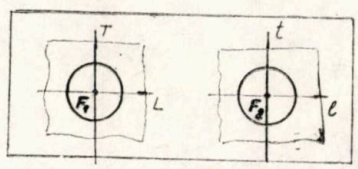



Fig. 3

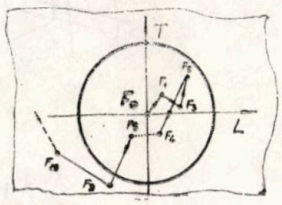



Fig. 4

Urmărirea în timp a deplasării, deformării și scufundării unei lucrări miniere, utilizînd un laser, constă în observarea topografică a evoluției axei longitudinale a acesteia. Axa longitudinală se definește ca linia imaginară rezultată prin intersecția planului vertical (V—V) de simetrie a lucrării miniere cu un plan orizontal (H—H) situat la înălțimea de 1 m față de vatră, axă după care ar trebui construită o lucrare minieră rectilinie (fig. 5).

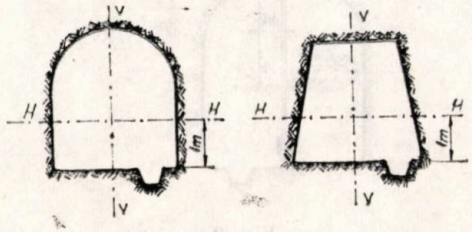



Fig. 5

Prin deplasarea $\Delta d$ a lucrării miniere se înțelege translarea planului (V—V) de la direcția inițială (fig. 6). Deformarea sau scufundarea $\Delta S$ este o consecință a coborîrii tavanului față de cota proiectată.

Studiul se face pentru o succesiune de armături (fig. 7) la care se urmărește în timp deplasarea și scufundarea punctului axial $P_i$ din tavanul lucrării miniere. Se fac referiri la galerii armate cu armături metalice de tip TH.

Astfel a fost imaginat „dispozitivul" de tip cleşte (fig. 8) care se prinde pe armătura TH într-un singur punct $P_i$ trasat iniţial pe o direcţie a planurilor succesive (V—V).

Cleştele are pentru strîngere un arc şi două mînere pentru descleştare. În partea inferioară

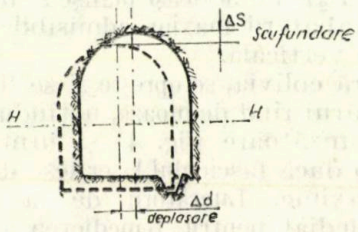



Fig. 6

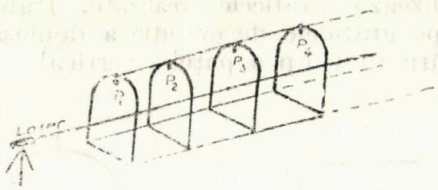



Fig. 7

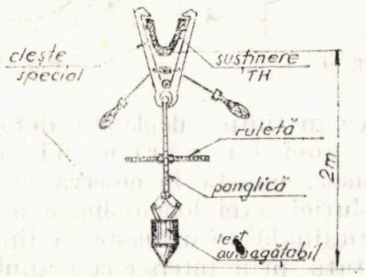



Fig. 8

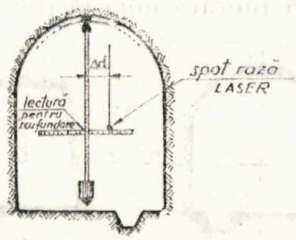



Fig. 9

a cleştelui se găseşte un pendul cu un locaş în care intră o panglică cu bilă la un capăt. Panglica are o lungime de 2 m de la armătura TH. Panglica este verticalizată cu un lest autoagăţabil pe panglică.

Pe panglică glisează perpendicular o ruletă de 1/2 m axată simetric pe panglică.

Metoda constă în aşezarea unui laser în afara zonei de influenţă într-un punct topografic marcat anume din care laserul va fi direcţionat după planul vertical (V—V) al lucrării miniere, trasîndu-se cu vopsea pe armături poziţia acestui plan.

Acelaşi laser va fi înclinat după unghiul de înclinare sau pantă, după care, pe fiecare armătură se prinde în punctul marcat dispozitivul de care se agaţă panglica de 2 m şi se fac pe panglică citirile corespunzătoare de nivel.

La intervale de 6 luni se revine cu măsurarea, staţionîndu-se cu laserul în acelaşi punct şi direcţionîndu-se după datele iniţiale (un unghi de direcţie, pantă, înclinare etc.).

Se prinde dispozitivul pe fiecare armătură şi se agaţă panglica. Se cuplează laserul şi se coboară sau se ridică ruleta pînă întîlneşte spotul (pata) fasciculului laser.

Se fac citiri (fig. 9) pe ruletă, pentru devierea direcţiei, şi pe panglică, pentru scufundarea (convergenţa) galeriei.

Datele se trec în tabele şi se completează grafice, făcîndu-se diferenţele faţă de măsurarea iniţială.

Tabelele pot fi întocmite separat sau cumulat cu rubrici simple sau duble de la caz la caz, graficele (fig. 10) fiind interpretări sugestive, care dau imaginea clară a fenomenului privind deplasarea sau scufundarea galeriei.

Metodele propuse pot fi aplicate deocamdată în puţuri şi lucrări miniere cu adîncimi, respectiv lungimi, mici şi medii. În cazul unor adîncimi sau lungimi mari trebuie utilizate lasere de calitate, care să prezinte fiabilitate mărită. Laserele utilizate nu au o durată de folosinţă mare (cca. 4 luni sau 10 000 ore funcţionare) datorită permeabilităţii tubului în care este închis amestecul de gaz He—Ne.

La adîncimi (distanţe) de peste 150 m spotul luminos se măreşte îngrijorător, nemenţinîndu-şi imaginea circulară şi tinzînd către o evasielipsă al cărui centru este greu de stabilit.

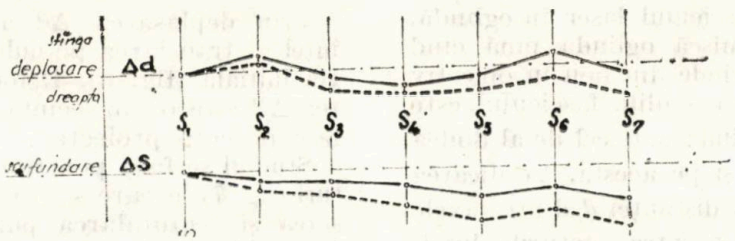



Fig. 10

Pentru viitor se propune efectuarea unui studiu privind corelarea dintre dimensiunile spotului luminos propagat la diferite distanţe şi compoziţia aerului de mină (umezeală, praf de cărbune etc.).

**Bibliografie**


[1] Filimon, R. ş.a. *Topografie minieră*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1962.

[2] Hannig, E. ş.a. *Topografie minieră*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1966.

[3] * * * *Manualul inginerului de mine*. Vol. II.Ed. Tehnică, Bucureşti, 1985.

[4] Dima, N. ş.a. *Metodă şi dispozitiv pentru urmărirea verticalităţii puţului de mină*. Litografia Institutului de Mine Petroşani, 1987.

[5] Dima, N. ş.a. *Urmărirea verticalităţii puţurilor de mină cu ajutorul laserelor*. Lucrare prezentată la Sesiunea ştiinţifică jubiliară, Institutul de Mine Petroşani, 1988.

[6] Dima, N. ş.a. *Metodă şi dispozitiv pentru urmărirea în timp a deformării şi deplasării lucrărilor miniere*. Lucrare prezentată la Sesiunea ştiinţifică jubiliară, Institutul de Mine Petroşani, 1988.


# Îmbunătăţirea randamentelor de clasare prin utilizarea hidrocicloanelor cu curent adiţional de apă


Şef lucr. dr. ing. **R. Sârbu**, conf. dr. ing. **I. Crăescu**, şef. lucr. dr. ing. **D. Constantin**, ing. **Aura Bunica**


În prepararea substanţelor minerale utile hidrocicloanele ocupă un loc deosebit, aceasta rezultînd din rapida lor răspîndire şi, mai ales, din multitudinea utilizării lor.

Utilizarea hidrocicloanelor se bazează pe folosirea efectului forţei centrifuge. Aceste forţe acţionează diferenţiat asupra particulelor minerale în funcţie de masa lor, deci, implicit, de dimensiunea lor şi sînt de cîteva sute de ori mai mari decît forţele de gravitaţie. Acest fapt are o importanţă hotărîtoare la prelucrarea substanţelor minerale de granulaţie fină şi foarte fină pentru care metodele gravitaţionale sînt ineficace.

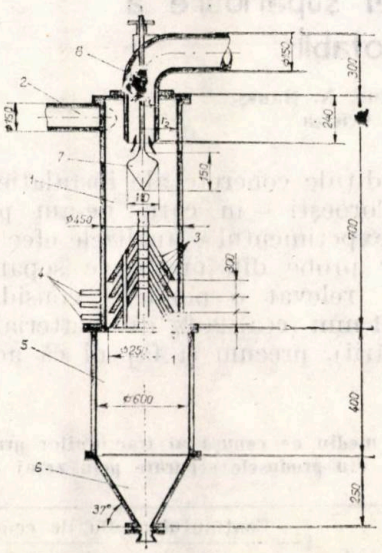


Fig. 1

Principalul dezavantaj al hidrocicloanelor convenţionale constă în imposibilitatea reglării dimensiunii de separare în timpul procesului, aceasta depinzînd de diametrul orificiului de evacuare a îngroşatului, şi raportului dintre orificii, precum şi randamentelor scăzute de clasare.

Pentru îmbunătăţirea procesului de clasare prin hidrociclonare, în cadrul Institutului de Mine din Petroşani s-a conceput şi realizat un hidrociclon cu curent adiţional de apă (fig.1).

Hidrociclonul amintit se compune dintr-o parte cilindrică superioară *1* relativ înaltă, care preia tulbureala din alimentare prin intermediul unui tub *2* amplasat tangenţial.

La partea inferioară a părţii cilindrice se află dispuse nişte conuri concentrice *3* alimentate tangenţial cu un curent adiţional de apă prin ştuţurile *4* dispuse la nivelul interspaţiilor dintre conurile amintite.

În momentul pătrunderii curentului rotativ descendent în zona conurilor concentrice, numită „zonă de spălare", curentul rotativ de apă adiţională se interferează cu acesta determinînd :

— creşterea vitezei tangenţiale a particulelor şi implicit a forţei centrifuge ;

— creşterea diluţiei ceea ce implică o spălare a particulelor fine prinse accidental în stratul centrifugat şi o restratificare mai aerisită a materialului în funcţie de dimensiuni ;

— împingerea fracţiei de tulbureală care conţine particulele de dimensiuni mici înspre axa hidrociclonului, fenomen favorizat şi de forma conică a elementelor dispozitivului din zona de spălare.

Fracţia de tulbureală, conţinînd cu preponderenţă particule cu dimensiuni mari, îşi continuă mişcarea descendentă de-a lungul pereţilor hidroclonului, trecînd într-o zonă cilindrică cu diametru mai mare *5*, continuată cu o parte conică *6*, elemente care pot fi asimilate atît în construcţie, cît şi în funcţionare cu hidrocicloanele convenţionale.

„Ruptura de rază", introdusă de partea cilindrică inferioară, produce un dezechilibru dinamic care are ca efect o nouă reordonare şi restratificare a materialului pe dimensiuni, avînd ca

efect final o micşorare a cantităţii de subgranulaţie şi, implicit, o creştere a randamentului de clasare.

În apropierea vîrfului conului o parte din curentul descendent al suspensiei îşi schimbă sensul de circulaţie şi începe o mişcare circulară ascendentă, suprapunîndu-se cu curentul ascendent de tulbureală din regiunea zonei de spălare.

Curentul ascendent de tulbureală întîlneşte un con deflector 7, a cărui mişcare pe verticală reglează deschiderea orificiului de sifoane şi, prin aceasta, cantitatea de suprascurgere şi dimensiunea de separare. Prezenţa conului deflector 7 face ca, în ascensiunea sa, curentul rotativ interior să se înfăşoare pe suprafaţa exterioară a acestuia şi să se întrepătrundă şi în această zonă cu curentul elicoidal descendent de tulbureală, spălînd în acest fel particulele fine şi antrenîndu-le înspre tubul de sifonare 8.

*Tabelul 1*

| Specificaţie | Hidrociclon convenţional | Hidrociclon cu curent adiţional de apă |
|---|---|---|
| Conţinutul de material mărunt — 0,074 mm din: | | |
| — alimentare, *a*, % | 50 | 50 |
| — refuz, *b*, % | 18 | 4 |
| — suprascurgere, *c*, % | 77 | 89 |
| Extracţia în greutate de trecere, *v*, % | 54,20 | 54,12 |
| Extracţia de material mărunt din trecere, *m*, % | 83,47 | 96,33 |
| Randamentul clasării, % | 58,58 | 84,42 |

Faţă de dezavantajele hidrociclonului clasic, hidrociclonul cu curent adiţional de apă permite adoptarea de simple şi flexibile căi de control al procesului de clasare, se pretează la automatizare, dă o acurateţe clasării în conformitate cu necesarul ingineriei minerale moderne.

Dezavantajele — construcţie mai complicată, preţ de cost mai ridicat — sînt compensate de rezultatele deosebite obţinute prin utilizarea aparatului.

Încercările de clasare comparative efectuate cu un hidrociclon clasic şi unul de construcţie propusă, în aceleaşi condiţii de exploatare şi mărimi caracteristice asemănătoare, au arătat superioritatea celui din urmă, atît din punctul de vedere al dimensiunii de separare, cît şi al indicilor de clasare realizaţi (tab. 1).

Avantajele tehnologice pe care le prezintă hidrociclonul propus impun continuarea cercetărilor la scară industrială şi implementarea lui în circuitele de măcinare-clasare a minereurilor.

**Bibliografie**


[1] Sârbu, R. ş.a. *Hidrociclonul cu curent adiţional de apă.* Certificat de inovator nr. 331/1986.

[2] Crăescu, I. ş.a. *Prepararea substanţelor minerale utile.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982.


# Cercetări privind creşterea limitei superioare a dimensiunii cărbunelui flotabil


Şef lucr. dr. ing. **Sanda Krausz**, şef lucr. ing. **N. Haneş**, asist. ing. **Viorica Ciocan**, asist. ing. **N. Cristea**


Stabilirea celor mai adecvate tehnologii şi soluţii care să ducă la valorificarea superioară a cărbunelui constituie principala tendinţă actuală pe plan mondial.

Unui deziderat inscriptibil în aceeaşi sferă i se subordonează şi problema măririi gamei dimensionale a cărbunelui flotabil, ţinînd cont de faptul că se înregistrează o creştere a cantităţii de material mărunt, tratabil prin acest procedeu, ca o consecinţă directă a extinderii mecanizării în exploatare şi transport. Astfel, din practica flotaţiei cărbunilor în diferite ţări se constată o tendinţă de creştere a dimensiunii maxime a şlamului flotabil, pînă la 1—1,5 mm [1]. Avantajele ce decurg din aceasta sînt legate atît de o creştere a selectivităţii separării, de posibilitatea îmbunătăţirii gospodăririi apelor şi a şlamurilor din uzină cît şi — sau mai ales — de îmbunătăţirea condiţiilor de funcţionare a utilajelor de concentrare gravitaţională care tratează, în general, clasa 0,5—10 (14) mm.

În condiţiile concrete ale instalaţiei de preparare Coroeşti — în care ne-am propus să aplicăm experimentul — analizele efectuate asupra unor probe din produsele separate prin zeţaj au relevat o pondere considerabilă a clasei < 1 mm (cca. 20% din materialul supus concentrării), precum şi faptul că aceasta nu

*Tabelul 1*

**Conţinutul mediu de cenuşă al fracţiunilor granulometrice din produsele separate prin zeţaj**

| Produsul | Conţinutul mediu de cenuşă, % clasa granulometrică, mm | | |
|---|---|---|---|
| | 0,5—14 | 0,5—1 | 0—1 |
| Concentrat | 10,0 | 20,0 | 28,9 |
| Mixte | 50,0 | 80,35 | 77,86 |
| Steril | 78,0 | 70,77 | 66,13 |

se supune procesului gravitațional de concentrare, așa cum rezultă din valorile conținuturilor medii de cenușă ale acestor fracțiuni, prezentate în tabelul 1.

S-a constatat, de asemenea, reapariția fracțiunii 0—0,5 mm în proporție apreciabilă (12,1 %) deși, teoretic, dimensiunea minimă ar trebui să fie de 0,5 mm. În aceste condiții, oportunitatea tratării prin flotație a șlamului cu dimensiunea pînă la 1 mm este — considerăm — evidentă ; s-a pus deci problema stabilirii tehnologiei care să permită obținerea unor rezultate satisfăcătoare la flotarea acestui ma-

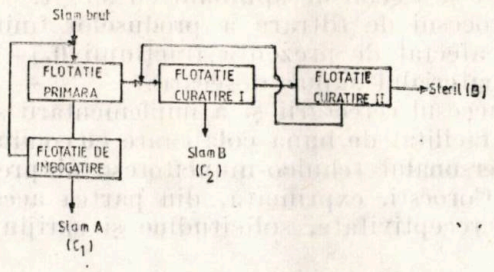



Fig. 1

terial. În acest scop, cercetarea s-a desfășurat în două etape distincte : prima — în fază de laborator — prin care s-au determinat flotabilitatea cărbunelui de diferite clase granulometrice și condițiile care asigură flotarea cu bune rezultate a celor grosiere (peste 0,5 mm) ; a doua — constînd din experimentarea în condiții industriale a acestora.

Cercetarea în fază de laborator a ocazionat un studiu de profunzime a influenței dimensiunii particulelor de cărbune asupra rezultatelor procesului de flotație ; pentru a o determina, s-a lucrat pe amestecuri artificiale de cărbune curat și steril curat, în proporții care au asigurat tuturor claselor un conținut mediu de cenușă constant și egal cu 35% (valoarea frecventă pentru șlamul din alimentarea instalației industriale de flotație). S-a evitat astfel eclipsarea dependenței urmărite de către alți factori : conținut de cenușă, grad de dezasociere a cărbunelui de steril etc.

Principalele aspecte relevate de această fază a cercetării au fost : flotabilitatea slabă a claselor peste 0,63 mm, dar și posibilitatea îmbunătățirii acesteia prin reglarea corespunzătoare a regimului de reactivi, a gradului de agitare din mașină, a debitului de aer și a concentrației fazei solide din tulbureală [2].

Experimentarea industrială a condițiilor tehnologice stabilite ca optime în laborator, s-a realizat la una din liniile de flotație ale preparației Coroești, la care s-a asigurat prezența în proporție de 25% a fracțiunii 0,5 — 1 mm, în materialul din alimentare. Schema circuitului de flotație este prezentată în figura 1.

S-a trecut la stabilirea corecției pe care noile condiții o impun asupra regimului de reactivi,

*Tabelul 2*

**Formularul de lucru la aplicarea metodei EEOSAR de optimizare a regimului de reactivi**

| Specificație | Consum reactivi, g/t | | Conținut mediu de cenușă, % | | | Randament, $\eta$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | colector* | spumant** | alimentare | concentrat (șlam A) | steril | |
| Nivel de bază | 1 050 | 420 | — | — | — | — |
| Schimbări unitare, $S$ | 120 | 60 | — | — | — | — |
| Modificări, $a$ | 60 | 20 | — | — | — | — |
| Regimuri pentru simplexul de start | 1) 990 | 400 | 35,15 | 11,85 | 84,90 | 82,21 |
| | 2) 1 110 | 400 | 42,20 | 12,15 | 82,70 | 82,70 |
| | 3) 1 050 | 460 | 43,60 | 25,45 | 82,85 | 60,40 |
| Regimul 4 | 1 050 | 340 | 34,30 | 10,80 | 85,55 | 83,94 |
| Regimul 5 | 1 170 | 340 | 53,30 | 12,66 | 85,10 | 87,60 |

*) motorină; **) naftenat de sodiu

prin optimizarea acestuia, considerînd ca nivel de start rețeta de reactivi stabilită în laborator. Optimizarea s-a condus conform metodei EEOSAR [3].

Formularul de lucru, conținînd valorile consumurilor testate, precum și rezultatele exprimate prin funcția de răspuns aleasă — randamentul procesului — în condițiile menținerii calității concentratului la un conținut de cenușă corespunzător unui șlam cocsificabil, este prezentat în tabelul 2. Cu fiecare regim, instalația a funcționat timp de 24 ore. Așa cum se constată, într-un număr redus de pași, s-a atins o valoare ridicată a funcției de răspuns, relevînd — alături de ceilalți indicatori — o separare cu o bună selectivitate, avînd în vedere variația conținutului mediu de cenușă din șlamul brut în perioada experimentală. Calitatea ridicată a sterilului obținut (conținut mediu de cenușă de 85,1%) relevă pierderi minime de cărbune curat și, prin aceasta, faptul că s-a reușit flotarea particulelor, chiar dacă dimensiunea acestora a depășit limita normală de 0,5 mm.

Verificarea atingerii domeniului de optim a confirmat că regimul de lucru determinat asigură desfășurarea corespunzătoare a flotației șlamului cu dimensiunea plasată în intervalul 0—1 mm. De altfel, funcționarea în continuare a instalației conform tehnologiei stabilite din perioada experimentală (mai 1988) pînă în prezent, cu bune rezultate, constituie o deplină validare a rezultatelor cercetării.

O altă concluzie relevantă a studiului ne-au oferit-o rezultatele analizelor efectuate pentru a determina modul în care se face repartizarea

*Tabelul 3*

**Extracțiile în greutate și conținuturile medii de cenușă ale fracțiunilor granulometrice sub și peste 0,5 mm, din produsele flotației**

| Produsul | Fracțiunea granulometrică, mm | Extr. în greutate, % | Conținut de cenușă, % | Conținut mediu de cenușă al produsului, % |
|---|---|---|---|---|
| Alimentare | −0,5 | 74,80 | 55,69 | 50,98 |
| | +0,5 | 25,20 | 37,00 | |
| Șlam *A* | −0,5 | 94,12 | 13,09 | 12,65 |
| | +0,5 | 5,88 | 5,55 | |
| Șlam *B* | −0,5 | 94,04 | 27,20 | 26,49 |
| | +0,5 | 5,96 | 15,37 | |
| Steril | −0,5 | 75,15 | 85,77 | 85,37 |
| | +0,5 | 24,85 | 84,15 | |

particulelor cu dimensiuni peste 0,5 mm în produsele flotației și aportul de cenușă pe care acestea îl au în fiecare din ele, comparativ cu fracțiunea sub 0,5 mm, prezentate în tabelul 3.

Se constată ponderea scăzută a particulelor grosiere în concentratele de flotație, dar și conținutul lor foarte scăzut de cenușă, dovedind că flotează numai cele de cărbune curat; în sterile însă, conținutul de cenușă al celor două fracțiuni este aproape egal, ceea ce indică lipsa pierderilor de cărbune curat, indiferent de dimensiunea particulelor.

Flotația șlamului de cărbune cu dimensiune pînă la 1 mm a permis creșterea extracției de cărbune cocsificabil (șlam *A*) cu 5,45%, în condițiile creșterii consumului de colector cu 60 g/t și a celui de spumant cu 95 g/t.

Procesul de filtrare a produselor finite nu este afectat de prezența fracțiunii 0,5—1 mm în materialul supus desecării.

Succesul cercetării și a implementării sale a fost facilitat de buna colaborare cu conducerea și personalul tehnico-muncitoresc al preparației Coroești, exprimată, din partea acestora, prin receptivitate, solicitudine și sprijin efectiv.

**Bibliografie**

[1] * * * *Îndreptar în prepararea cărbunilor*. Ed. Nedra, 1984
[2] Krausz, S. *Studiul posibilităților de extindere a dimensiunii șlamului brut supus flotației*. Lucrările științifice ale I.M.P., vol. XX, Petroșani, 1988.
[3] Simionescu, A. *Optimizarea proceselor de preparare a substanțelor minerale utile*. Ed. Tehnică, București, 1979

# Cercetări de fizica fluidelor magnetice și separare magnetofluidică a substanțelor minerale utile

Conf. dr. fiz. **V. Z. Iușan**, lect. fiz. **L. Homorodean**, lect. fiz. **Sofia Hadgia**, lect. fiz. **V. Muntean**, asist. fiz. **I. Stoicoiu**, asist. fiz. **G. Popescu**, asist. fiz. **C. Buioca**, dr. ing. **N. Mureșan** *, fiz. **Aurora Ular Stanci** **, asist. fiz. **I. Mălăescu*****

## Introducere

Cercetările științifice în domeniul fluidelor magnetice s-au intensificat în ultima perioadă datorită unor proprietăți fizice neobișnuite pe care le are această clasă de materiale, precum și datorită unui spectru foarte larg de aplicații în fizică, chimie, biologie, medicină, metrologie, în aproape toate domeniile tehnice.

Pornind de la posibilitățile de folosire a fluidelor magnetice în domeniul mineritului și, mai ales, în cel al separării substanțelor minerale utile din minereuri, colectivul nostru a efectuat în ultimul deceniu un mare număr de cercetări asupra acestei clase de materiale magnetice.

Cercetările noastre au vizat metode de preparare a fluidelor magnetice, tehnici de măsurare a unor proprietăți fizice ale acestora, precum și folosirea lor pentru elaborarea unor noi tehnologii în industria minieră și în alte domenii.

* Combinatul Minier Cluj-Napoca
** Preparația de Cuarțuri Uricani
*** Universitatea din Timișoara

În această lucrare prezentăm cîteva din rezultatele cercetărilor colectivului nostru în domeniul fizicii fluidelor magnetice și al posibilităților de folosire a acestora în separarea substanțelor minerale utile din minereuri.

## I. Fluide magnetice

### 1. *Considerații generale*

Fluidele magnetice sînt sisteme materiale sub forma unor medii fluide continue, caracterizate prin aceea că în interacțiune cu un cîmp magnetic neomogen sînt atrase în direcția și sensul gradientului de cîmp. Prin geometria și structura cîmpului magnetic se pot regla orientarea și intensitatea forței magnetice ce acționează asupra unității de volum de fluid.

Fluidele magnetice cunoscute pînă în prezent formează două clase de materiale magnetice distincte, și anume :

**a)** fluidele paramagnetice (sau lichidele paramagnetice), care sînt soluții de săruri paramagnetice solubile în apă ;

**b)** fluidele superparamagnetice (sau ferofluidele), care sînt suspensii coloidale de particule fero sau ferimagnetice stabilizate într-un lichid de bază cu ajutorul unui alt lichid stabilizator ce aderă la faza solidă (particulă) și se dizolvă în faza lichidă (lichidul de bază). Fluidele superparamagnetice sînt, de fapt, sisteme fizice bifazice care, la scară macroscopică, se comportă ca medii continue, în starea condensată a materiei.

2. *Caracteristici fizice ale fluidelor magnetice*

Principalele proprietăți fizice ale fluidelor magnetice sînt reflectate în însăși denumirea lor, fiind caracterizate de o bună fluiditate și avînd, în același timp, proprietatea că la interacțiunea cu un cîmp magnetic se magnetizează. Cele două proprietăți fizice specifice ambelor clase de fluide magnetice sînt caracterizate, în general, cu ajutorul mărimilor fizice: viscozitatea dinamică $\eta$ și susceptibilitatea magnetică $\chi$.

Determinarea experimentală a acestor mărimi și explicarea teoretică a rezultatelor obținute au format obiectul a numeroase cercetări efectuate în acest domeniu. În figura 1 prezentăm susceptibilitatea magnetică a unor fluide paramagnetice în funcție de densitatea lor, iar în figura 2 este reprezentată viscozitatea unor fluide paramagnetice în funcție de densitatea lor [1].

Cercetările noastre au fost orientate spre fluidele superparamagnetice, clasă de fluide magnetice descoperite mai recent [2] care au

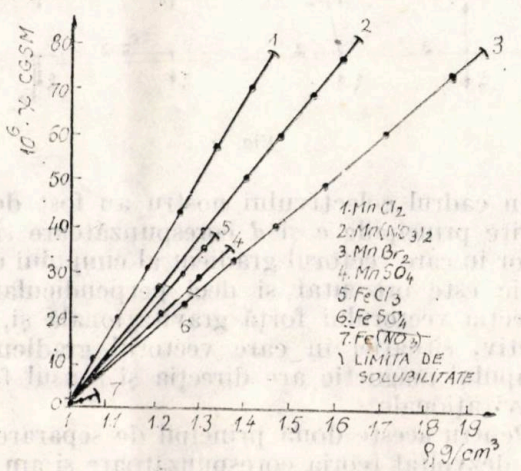



Fig. 1

o susceptibilitate magnetică mai mare cu cîteva ordine de mărime decît a fluidelor paramagnetice.

În cadrul Laboratorului de Fizică de la Institutul de Mine din Petroșani au fost preparate fluide superparamagnetice (ferofluide) formate din particule monodomenice de magnetită învelită în acid oleic ca stabilizant și dispersate în petrol ca lichid de bază.

Pentru studiul experimental al proprietăților magnetice ale acestor fluide am conceput și realizat practic o instalație de laborator pentru măsurări magnetice [3] cu ajutorul căreia am

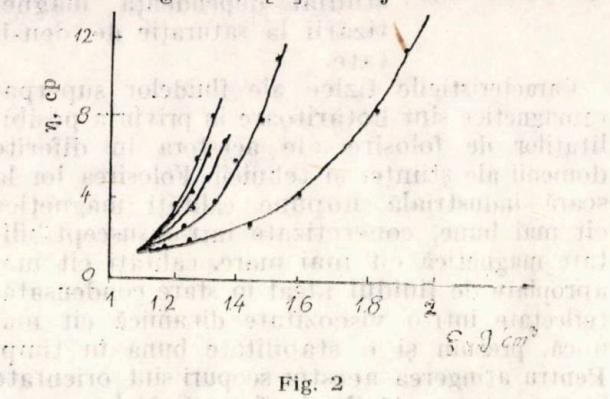


Fig. 2

studiat dependența susceptibilității magnetice și a magnetizării fluidelor superparamagnetice în funcție de intensitatea cîmpului magnetizant. În figura 3 este dat un exemplu de folosire a instalației pentru studiul experimental al dependenței $\chi = \chi(H)$ la un fluid superparamagnetic preparat în laborator.

Pe baza măsurărilor de densitate și a măsurărilor magnetice am calculat concentrația fazei solide $\varepsilon_D$, concentrația fazei magnetice $\varepsilon_M$ și

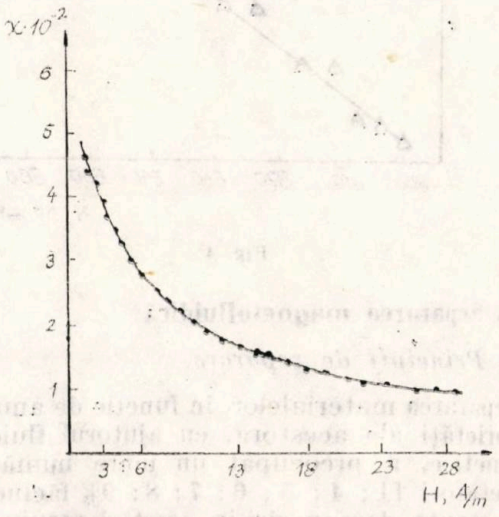


Fig. 3

parametrul de conversie $\gamma$ a proprietăților magnetice pentru fluidele superparamagnetice preparate, cu ajutorul relațiilor:

$$\varepsilon_D = \frac{\rho_F - \rho_L}{\rho_S - \rho_L}; \quad \varepsilon_M = \frac{M_{FH}}{M_S}; \quad \gamma = \frac{\varepsilon_M}{\varepsilon_D}, \qquad (1)$$

unde:

$\rho_F$, $\rho_S$, $\rho_L$ sînt densitățile fluidului superparamagnetic, fazei solide și respectiv fazei lichide (lichid de bază plus stabilizant);

$M_{FH}$ și $M_S$ — magnetizările la saturație ale fluidului superparamagnetic și respectiv ale fazei solide. Pe baza acelorași măsurări s-a studiat dependența magnetizării la saturație de densitate.

Caracteristicile fizice ale fluidelor superparamagnetice sînt hotăritoare în privința posibilităților de folosire ale acestora în diferite domenii ale științei și tehnicii. Folosirea lor la scară industrială impune calități magnetice cît mai bune, concretizate într-o susceptibilitate magnetică cît mai mare, calități cît mai apropiate de fluidul ideal în stare condensată, reflectate într-o viscozitate dinamică cît mai mică, precum și o stabilitate bună în timp. Pentru atingerea acestor scopuri sînt orientate în prezent cercetările de fizica fluidelor superparamagnetice.

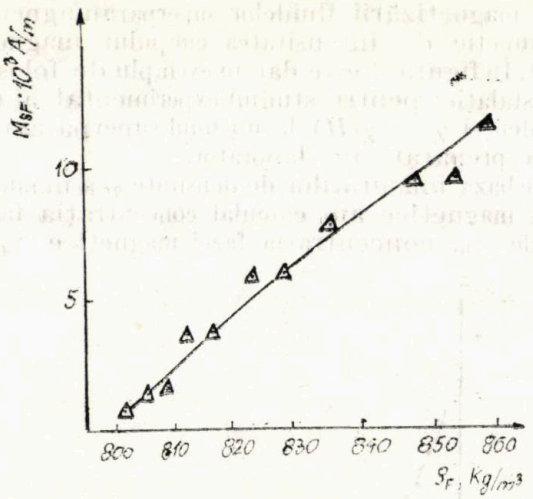



Fig. 4

## II. Separarea magnetofluidică

### 1. *Principii de separare*

Separarea materialelor, în funcție de anumite proprietăți ale acestora, cu ajutorul fluidelor magnetice, a preocupat un mare număr de cercetători [1; 4; 5; 6; 7; 8; 9], făcîndu-se importante descoperiri în acest domeniu.

La baza principiilor separării materialelor cu ajutorul fluidelor magnetice stă interacțiunea acestor fluide cu un cîmp magnetic neomogen. Această interacțiune este măsurată de forța magnetică ce acționează asupra unității de volum. După Neuringer și Rosensweig forța ce acționează asupra unității de volum de ferofluid aflat într-un cîmp magnetic neomogen este dată de relația:

$$\frac{\vec{F}_m}{V} = \mu_0 (\vec{M}_F \cdot \Delta)\vec{H}, \qquad (2)$$

unde:

$\vec{M}_F$ este magnetizarea ferofluidului.

Deoarece ferofluidele se magnetizează în direcția și sensul cîmpului magnetic local, în cazul în care acestea sînt neconductoare electric, relația (2) devine:

$$\frac{\vec{F}}{V} = \mu_0 M_F \nabla H, \qquad (3)$$

unde:

$M_F$ și $H$ sînt amplitudinile lui $\vec{M}_F$ și $\vec{H}$.

Remarcăm aici faptul că principalul factor ce determină obținerea separării magnetofluidice, forța magnetică ce acționează asupra unității de volum, depinde de gradientul cîmpului magnetic și de magnetizarea fluidului superparamagnetic.

Direcția și sensul forțelor ponderomotoare de natură magnetică ce acționează asupra particulelor minerale imersate într-un ferofluid poziționat într-un cîmp magnetic, ce prezintă un gradient de cîmp după o anumită direcție, are sensul acestui gradient pe aceeași direcție. În funcție de modul în care sînt alese direcția și sensul gradientului de cîmp magnetic față de direcția și sensul forțelor de natură gravitațională au fost descoperite teoretic și experimental patru principii de separare magnetofluidică prezentate schematic în figura 5.

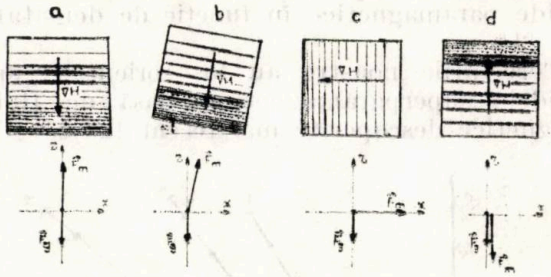



Fig. 5

În cadrul colectivului nostru au fost descoperite principiile *c* și *d* corespunzătoare situațiilor în care vectorul gradient al cîmpului magnetic este orizontal și deci perpendicular pe direcția vectorului forță gravitațională și, respectiv, situației în care vectorul gradient al cîmpului magnetic are direcția și sensul forței gravitaționale.

Pentru aceste două principii de separare noi am dezvoltat teoria corespunzătoare și am realizat mai multe separatoare magnetofluidice [6; 7; 9].

### 2. *Spectrometria magnetofluidică de densitate*

În figura 6 poate fi urmărit principiul fizic ce stă la baza modelului de separator realizat de noi, pe care l-am numit spectrometru ferofluidic de densitate. Între piesele polare *1* ale unui electromagnet se află conteinerul cu ferofluid *2*, poziționat prin intermediul gradientului de

cîmp magnetic orizontal. Prin gura de alimentare *3* se introduce amestecul de particule minerale de diferite densităţi în zona activă a separatorului. În funcţie de densităţile lor, particulele sînt deviate mai mult sau mai puţin de la traiectoria verticală, fiind colectate diferenţiat în jgheabul *4*.

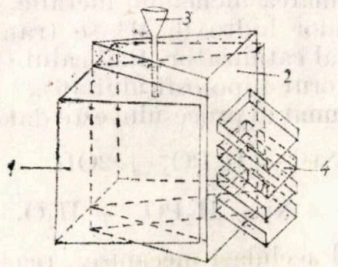


Fig. 6

Luînd în considerare fenomenele fizice ce au loc în zona activă a spectrometrului, s-au studiat legea de mişcare şi traiectoria particulelor ce sînt supuse procesului de separare, elaborînd teoria spectrometriei ferofluidice de densitate [6; 7]. Au fost determinate mărimile caracteristice ale spectrometrelor ferofluidice de densitate: dispersia unghiulară, dispersia liniară, limita de rezoluţie şi puterea de rezoluţie.

Dispersia unghiulară are sens numai pentru spectrometrele în care traiectoriile particulelor sînt rectilinii, adică pentru spectrometrele cu cîmp izodinamic şi se poate calcula cu formula:

$$D_\alpha = \frac{g\mu_0\chi_F H \dfrac{\partial H}{\partial r}}{\left(\mu_0\chi_F H \dfrac{\partial H}{\partial r}\right)^2 + (\rho_S - \rho_F)^2 g^2}. \qquad (4)$$

Dispersia liniară se defineşte prin formula:

$$D_l = \frac{dl}{d\rho_S}, \qquad (5)$$

unde $l$ este distanţa considerată de la un punct al curbei de separare pînă la locul de intersecţie a ei cu fluxul de particule cu densitatea $\rho_S$. Atunci cînd curba de dispersie este dreaptă, verticală, în cazul spectrometrului cu cîmp izodinamic avem:

$$D_l = \mp \frac{g(r_S - r_0)}{\mu_0\chi_F H \dfrac{\partial H}{\partial r}}. \qquad (6)$$

Limita de rezoluţie se calculează cu relaţia:

$$\delta\rho_S = \frac{dl}{dD_l}, \qquad (7)$$

iar puterea de rezoluţie este dată de relaţia:

$$R = \frac{\rho_S - \rho_F}{\delta\rho_S}. \qquad (8)$$

Datele experimentale obţinute de noi confirmă teoria spectrometriei ferofluidice de densitate şi stimulează cercetările pentru aducerea ei la faza industrială.

În figura 7 este prezentat schematic principiul de funcţionare a spectrometrului magnetofluidic cu sedimentare accelerată.

Pentru particulele cu granulaţie fină, poate fi folosită separarea magnetofluidică la interfaţă [8; 9], descoperită recent.

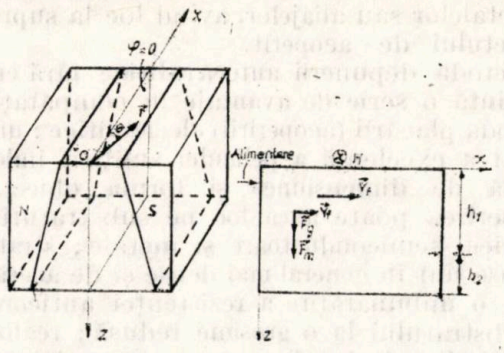


Fig. 7

Cercetările de fizica fluidelor magnetice şi separare magnetofluidică vor pune la punct într-un timp scurt noi tehnologii de separare a substanţelor minerale utile din minereuri, aplicabile la scară industrială.

**Bibliografie**


[1] Andres, U. T., Bunin, G. M. *Magnetohydrodynamic magnetohydrostatic methods of mineral separation.* Keter Publishing Hause Jerusalem Ltd., 1976.

[2] Luca, E. ş.a. *Ferofluidele şi aplicaţiile lor în industrie.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1978.

[3] Iuşan, V. ş.a. *Instalaţie pentru măsurarea susceptibilităţii magnetice a ferofluidelor utilizabile în tehnologii neconvenţionale.* Studii şi cercetări de fizică, tom. 33, nr. 8, p. 761—766, Bucureşti, 1981.

[4] Rosensweig, R. E. *Material separation using ferromagnetic liquid techniques.* U. S. Patent, no. 3.483.969, 1969.

[5] Reimers G. W., Rholl, S. A., Khalafalda' S. R. *Device and process for magnetogravimetric particle separation using nonvertical levitation forces.* U. S. Patent no. 3.788.465, 1974.

[6] Iuşan, V., Homorodean, L. *Magnetojidkostnîi spectrometr platnosti s postoiannim* ($\overline{H}\ \nabla$) $\overline{H}$-Magnitnaia Ghidrodinamika, nr. 3, p. 133—136, 1982.

[7] Iuşan, V., Homorodean, L. *Separarea substanţelor minerale utile cu ajutorul spectrometrelor ferofluidice de densitate.* Mine, Petrol şi Gaze, nr. 12, p. 562—569, 1982.

[8] Mureşan, N. ş.a. *Procedeu de separare a minereurilor.* Brevet R.S.R. nr. 85 962 din 18 mai 1984.

[9] Mureşan, N. Teză de doctorat, Petroşani, 1987.

# Depunerea prin reducere chimică a unor pelicule subțiri de cobalt și nichel cu rol de catalizator în procese de hidrogenare a cărbunelui

Conf. dr. A. Gontean, șef lucr. C. Ionescu, asist. A. Matei, șef lucr. ing. Vilma Vâlcea

Metoda reducerii chimice (denumită și metoda depunerii autocatalitice fără curent) constă în formarea continuă de straturi metalice dintr-o soluție de placare, fără curent electric, de la o sursă externă. Placarea fără curent poate fi considerată o reducere chimică autocatalitică a metalelor sau aliajelor, având loc la suprafața obiectului de acoperit.

Metoda depunerii autocatalitice fără curent prezintă o serie de avantaje în comparație cu metoda placării (acoperirii) electrolitice: uniformitatea excelentă a peliculei subțiri, independentă de dimensiunea și forma obiectului; acoperirea poate avea loc pe substraturi dielectrice, semiconductoare și metale; straturile depuse sînt în general mai dense și de aceea asigură o îmbunătățire a rezistenței anticorosive a substratului la o grosime redusă; realizarea depunerilor fără a fi necesare surse de energie și contacte electrice, acest lucru fiind important în cazul acoperirii cu metal a unor pături complexe sau a unor părți izolate din punct de vedere electric; unele depuneri prezintă proprietăți chimice, mecanice și magnetice deosebite; posibilitatea efectuării de acoperiri selective, deoarece numai anumite suprafețe acționează drept catalizator.

Metoda se bazează pe proprietatea hipofosfitului de sodiu ($NaH_2PO_2$) de a descompune sărurile de nichel și cobalt.

### Mecanismul reacției de reducere

Mersul integral al reacției care se desfășoară în soluție de hipofosfit de sodiu care conține o sare de nichel poate fi reprezentat cu următoarele ecuații:

$$NiCl_2 + NaH_2PO_2 + H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow Ni + NaH_2PO_2 + 2HCl \quad (1)$$

$$NaH_2PO_2 + H_2O \rightarrow NaH_2PO_3 + H_2. \quad (2)$$

Apariția acidului clorhidric (HCl) modifică *pH*-ul soluției și totodată se degajă hidrogen ($H_2$). Mersul reacției ar fi reprezentat prin următoarea schemă:

$$Ni^{2+} + M = Ni^{+} + M^{+} \quad (3)$$

$$2Ni^{+} = Ni + Ni^{2+} \quad (4)$$

$$OH^{-} + M^{+} = OH + M \quad (5)$$

$$H_2PO_2^{-} + 2OH = H_2PO_3^{-} + H_2O. \quad (6)$$

Stadiul inițial al procesului constă în trecerea electronilor de la metalul ce catalizează reacția (M) la ionii de nichel, cu transformarea lor în ioni monovalenți. În continuare reacția duce la formarea nichelului metalic. Prin intermediul ionilor hidroxil, $M^{+}$ se transformă din nou în metal catalizator. Radicalul OH se reduce cu ajutorul hipofosfitului (6).

Mersul sumar al procesului este dat de reacția:

$$Ni^{2+} + H_2PO_2^{-} + 2OH^{-} =$$
$$= Ni + H_2PO_3^{-} + H_2O. \quad (7)$$

În cadrul aceluiași mecanism, reacția sumară de reducere a nichelului în mediu acid este reprezentată prin următoarea ecuație:

$$H_2PO_2^{-} + Ni^{2+} + H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow H_2PO_3^{-} + Ni + 2H^{+}. \quad (8)$$

Pentru a avea loc aceste reacții, este absolut necesară o suprafață metalică în calitate de purtător de electroni.

Spre deosebire de procesul de nichelare chimică, reducerea cobaltului este posibilă numai în mediu alcalin. Depunerea cobaltului are loc în mod analog cu nichelarea, conform reacției:

$$CoSO_4 + NaH_2PO_2 + H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow Co + NaH_2PO_3 + H_2SO_4. \quad (9)$$

Mecanismul reacției de reducere chimică pentru cobalt este analog cu cel arătat la reducerea nichelului.

### Partea experimentală

În lucrarea de față s-a urmărit descompunerea cobaltului și nichelului prin depunere sub formă de pătură subțire pe un metal neactiv, cupru, folosind reducerea chimică cu ajutorul hipofosfitului de sodiu.

S-a făcut o primă încercare de depunere de nichel și cobalt pe cupru, aducînd soluția de cobaltare la $pH = 9{,}5$ cu amoniac ($NH_3$), iar cea de nichelare la $pH = 6$ tot cu amoniac, la temperatura mediului ambiant. Pe baza rezultatelor obținute, reprezentînd grafic masa de metal depusă în funcție de timp, se observă o creștere liniară a masei cu timpul.

Aceleași încercări au fost făcute, însă *pH*-ul soluției a fost stabilit la 90°C.

Avînd în vedere faptul că depunerea de cobalt și nichel începe de la circa 50°C, s-a trecut la reducerea chimică în funcție de temperatură la *pH* constant, înregistrîndu-se prin metode optice grosimea stratului depus și, prin calcul, în funcție de timp, viteza de depunere a acestor metale.

Studiind influența timpului de depunere asupra păturilor subțiri de cobalt, s-au făcut trei încercări de depunere a cobaltului la temperatura de 75°C și *pH*-uri diferite, astfel : $pH = 8{,}20$, $pH = 8{,}37$ și $pH = 8{,}43$, variindu-se de fiecare dată timpul de depunere din două în două minute.

Prin reprezentarea grafică a datelor experimentale se observă că grosimea stratului de cobalt depus depinde aproape liniar de timpul de depunere.

### Influența concentrației hipofosfitului de natriu asupra păturilor de cobalt și nichel

Hipofosfitul de natriu este componentul de bază al băii de depunere, deoarece el reduce ionul de nichel, respectiv de cobalt din sărurile respective la nichel și cobalt metalic.

Reprezentînd grafic viteza de depunere a nichelului și grosimea stratului depus în funcție de concentrația optimă a hipofosfitului de sodiu, pentru un *pH* bine determinat, se observă că viteza maximă de depunere a nichelului se obține la o concentrație a hipofosfitului de sodiu de circa 10 g/l. Din datele experimentale rezultă o concentrație optimă a hipofosfitului de sodiu, pentru depunerea peliculelor de cobalt, de circa 100 g/l.

### Influența *pH*-ului soluției din baia de depunere

O influență mare în procesul de depunere o are *pH*-ul soluției. Depunerea nichelului are loc pentru valori ale *pH*-ului mai mari ca 3. Crescînd *pH*-ul pînă în jurul valorii de 7, viteza de depunere a nichelului se mărește. În cazul depunerii de cobalt, valorile optime ale *pH*-ului sînt mai mari decît 7 ; deci cobaltul se depune numai în mediu bazic.

### Concluzii

**1.** Reducerea chimică a nichelului și cobaltului din sărurile lor are loc foarte bine în prezența hipofosfitului de sodiu.

**2.** Straturile depuse prezintă avantajul că sînt uniforme (grosime egală) pe suprafețe metalice de forme întortocheate.

**3.** Reducerea chimică poate avea loc fără consum de energie electrică.

**4.** Reducerea chimică poate avea loc și pe suprafețe nemetalice (mase plastice, bachelită, sticlă etc.).

**5.** Temperatura optimă a soluției din baie pentru stabilirea *pH*-ului este de 90°C.

**6.** Peliculele depuse prezintă proprietăți electrice și magnetice diferite de proprietățile electrice și magnetice ale suportului metalic pe care are loc depunerea.

**7.** Depunerea nichelului are loc la un *pH* mai mare decît 3, iar a cobaltului la un *pH* mai mare decît 7.

**8.** Se observă o dependență aproape liniară a grosimii păturilor depuse în funcție de concentrație, timp etc.

**9.** Cu peliculele de cobalt și nichel depuse pe un suport de cupru se va urmări dacă joacă rol de catalizator în procesele de hidrogenere a naftalinei și tetralinei, substanțe care joacă rol de donor de hidrogen în procesele de lichefiere a cărbunilor.

### Bibliografie


[1] Călugăru, Gh. Thin Solid Films 3, 1969, p. 27.
[2] Bursuc, I. D., Călugăru, Gh. Thin Solid Films 5, 1970, p. 105.
[3] * * * Revista de fizică și chimie, seria A, vol. X/1973.
[4] Moroșanu, C. E. *Depunerea chimică din vapori a straturilor subțiri*. Ed. Tehnică, București, 1981.


# Migmatitele din versantul vestic al Munților Parîng (Carpații Meridionali)


Conf. dr. ing. **N. Ungureanu**, șef lucr. **Ana Dobrescu**, șef lucr. **Elena Poporogu**, asist. ing. **Gr. Buia**, asist. ing. **M. Rebrișoreanu**


În versantul vestic al Munților Parîngului, rocile eruptive precambriene și paleozoice, asociate șisturilor cristaline, reprezintă continuarea spre nord-vest a plutonului de granitoide, Mîndra — Gîlcescu — Repedea. Numeroasele apofize și corpuri satelite, de dimensiuni reduse, apar în pîraiele Izvorului, Lăpușelului și Larga, precum și în dealul Cordonul Prisloapelor.

Procesele de migmatizare, legate de punerea în loc a intruziunilor de roci granitoide amintite, prin specificul lor, s-au manifestat selectiv, afectînd îndeosebi șisturile detritogene și subordonat rocile amfibolitice ale Seriei de Drăgșan.

Compoziția mineralogică, chimică și caracterele texturale au permis, conform nomenclaturii utilizate de Mehnert (1968), deosebirea următoarelor *tipuri de migmatite*.

● Ophtalmitice (nodulare), caracterizate de prezența unor migmatoblaste xenoblastice și poikilitice de plagioclaz, pertit, cuarț și hornblendă.

● Stromatice (paralele), alcătuite dintr-o neomasă de cuarț, plagioclaz, biotit, pertit, hornblendă și allanit.

Acestea alcătuiesc benzi milimetrice și centimetrice ce alternează cu paleosoma de gnaisuri biotitice sau de roci amfibolitice.

● Cutate, deseori asociate cu migmatitele stromatice. Gnaisurile amfibolitice și șisturile amfibolitice supuse unor forțe de compresiune, în zonele de flexură, prezintă dezvoltarea pegmatitică a componentelor neosomatice (fig. 1).

● Surreitice, întîlnite în cadrul amfibolitelor masive intercalate în șisturile amfibolitice din pîrîul Polatiștea. Datorită faptului că

au existat nepotriviri în privinţa proprietăţilor fizico-mecanice ale acestor roci, cele două tipuri de amfibolite au reacţionat în mod diferit la eforturile mecanice şi, în final, au rezultat structuri de dilatare şi comprimare, neuniforme, materializate prin ştrangulări şi chiar fragmentări ale rocii rigide (fig. 2).

● A g m a t i c e (b r e c i o a s e), caracterizate prin prezenţa fragmentelor colţuroase şi divers orientate de roci amfibolitice, înglobate într-o masă granitică (cuarţo-feldspatică). La aceste migmatite, aşa cum sînt cele din pîrîul Izvorului, datorită unor condiţii de mobilizare migmatică mai avansată, a avut loc, în unele cazuri, estomparea limitelor dintre paleosomă şi neosomă şi local se observă tranziţii spre structura nebulitică.

Fig. 1. Migmatit cutat cu neosomă de plagioclaz şi hornblendă (pîrîul Izvorului).

Fig. 2. Migmatit şurreitic cu neosomă de cuarţ, plagioclaz, biotit, hornblendă şi apatit (pîrîul Polatiştea).

Studiul microscopic, efectuat pe 50 de secţiuni subţiri, a condus la evidenţierea unor aspecte de detaliu privind procesele de migmatizare şi, totodată, constatarea, că în unele roci migmatizate allanitul apare destul de constant.

Prezenţa allanitului, în majoritatea migmatitelor, este o dovadă în plus pentru originea magmatică a fluidelor care au determinat procesele migmatizării. Astfel, după cum se ştie, ytriul şi lantanidele, care iau parte la alcătuirea allanitului, se concentrează în lichidele reziduale răspunzătoare de formarea pegmatitelor, migmatitelor şi chiar a unor granitoide. În aceste roci, tendinţa pămînturilor rare de a forma minerale independente, aşa cum este şi allanitul, se face simţită numai dacă ele nu sînt încorporate de apatit, fluorină, titanit, granaţi, biotit, hornblendă şi feldspat potasic. În cazul în care unul sau mai multe dintre mineralele menţionate se găsesc în procente ridicate în constituţia unora dintre litotopi, allanitul, de regulă, este întîlnit în cantităţi neglijabile sau de cele mai multe ori lipseşte.

Şisturile migmatizate cu paleosomă cuarţito-sericitoasă şi sericito-cuarţitică, sărace în componentele minerale amintite mai sus, au constituit locul propice pentru formarea allanitului. Pentru aceste roci, histograma, poligonul şi curba de repartiţie (fig. 3) arată frecvenţa unor conţinuturi ridicate, corespunzătoare intervalului 0,7—1,0%; distribuţia allanitului în aceste migmatite este normală.

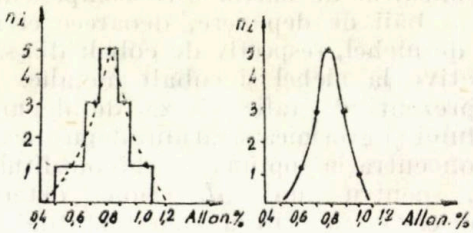



Fig. 3. Histograma, poligonul şi curba de repartiţie a allanitului în şisturile migmatizate.

Migmatitele cutate cu paleosomă de gnaisuri amfibolitice şi şisturi amfibolitice, deseori, conţin xenoblaste de apatit cu incluziuni de cuarţ şi lamele fine de biotit. În acelaşi tip de roci cristalele de apatit neosomatic prezintă un şagrinaj de culoare brună-verzuie, sînt uşor arcuite şi fisurate sau fragmentate perpendicular pe alungire.

Gnaisurile amfibolitice din pîrîul Izvorului conţin în zonele de cutare în cadrul neosomei şi xenoblaste de titanit cu incluziuni de apatit sau cu cristale lamelare de biotit.

Urmărindu-se statistic frecvenţa cu care este întîlnit allanitul în diferitele tipuri de roci migmatizate, se poate trage o primă concluzie, şi anume că şisturile cuarţito-sericitoase, sericito-cuarţitice şi gnaisurile biotitice, în marea lor majoritate, conţin acest mineral. În al doilea rînd, rocile migmatizate în care apatitul şi titanitul sînt deseori prezente, de regulă accidental, conţin allanit. Această constatare se poate explica prin faptul că este posibil ca ytriul şi lantanidele să fi fost asimilate de apatit şi titanit. În acelaşi timp, chimismul rocilor detritogene a permis desfăşurarea unor procese mai intense de migmatizare, care în final au dus chiar la formarea locală a unor formaţiuni pegmatitoide-granitice.

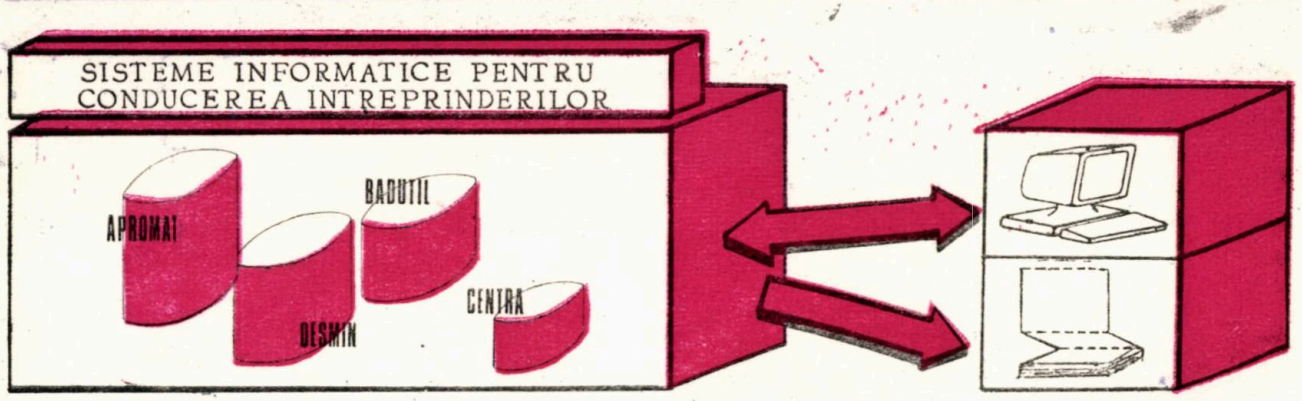
Procentul maxim de 1% de allanit în şisturile cristaline migmatizate denotă faptul că, în compoziţia fluidelor migmatice, ytriul şi lantanidele au fost prezente în cantităţi mici, dar suficiente pentru a forma minerale independente de tipul allanitului.



ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTES KÖNYVTÁR 1883

# CENTRUL DE CALCUL ELECTRONIC
## CLUJ-NAPOCA

SISTEME INFORMATICE PENTRU CONDUCEREA INTREPRINDERILOR




**APROMAT** BAZA DE DATE

pentru aprovizionarea ce gestionează informaţii cu privire la stocurile de materiale şi mişcarea acestora, contracte de aprovizionare şi realizarea lor, consumuri specifice şi cheltuielile aferente pe secţii/sectoare de producţie, precum şi gestiunea obiectelor de inventar în folosinţă

**DESMIN** BAZA DE DATE

pentru gestionarea datelor din sfera urmăririi contractelor de desfacere, cît şi pentru raportările statistice din domeniu

**BADUTIL** BAZA DE DATE

pentru urmărirea funcţionării utilajelor

**CENTRA** BAZA DE DATE

pentru urmărirea indicatorilor de producţie, livrări şi transport pe CFR

PLICATII PENTRU PRELUCRAREA DATELOR GEOMETRICE SI PENTRU PROIECTAREA ASISTATA DE CALCULATOR IN DOMENIUL AUTOMATIZARII LUCRARILOR TOPOGRAFICE DE BIROU SI AL REDACTARII HARTILOR SI PLANURILOR

Calculul rezervelor geologice şi obţinerea automată a documentaţiei grafice aferente

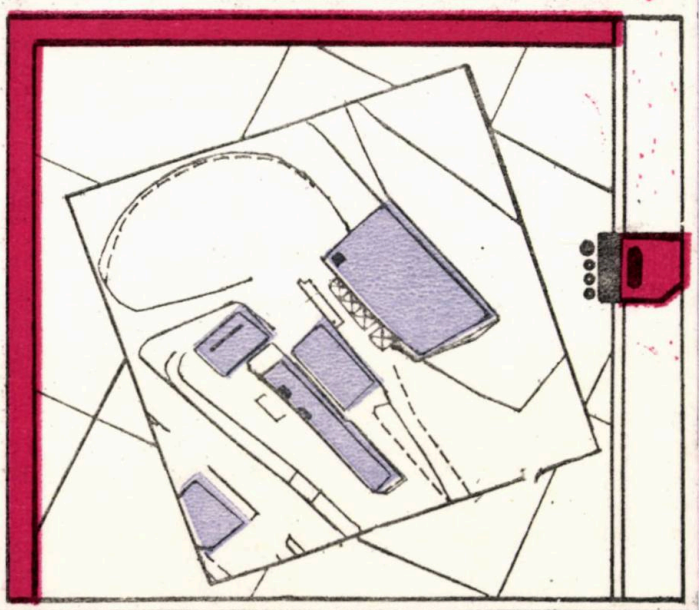
Optimizarea reţelelor de cercetare geologică

Programe grafice de bază (interfaţa unitară de desen)

Interpolarea şi trasarea automată a curbelor de nivel

Calculul suprafeţelor şi al volumelor excavate în carieră

Obţinerea automată a planurilor de orizont



CEMIN Cluj-Napoca • Str. Horea, nr. 78 • Tel: 32 888; 54 838 • Telex: 31416

1989 JUL 1

INTREPRINDEREA DE UTILAJ MINIER PETROSANI
Str. Republicii nr. 1, cod 2675, telefon 42820

## PRODUCE:

UTILAJE DE SUSTINERE MECANIZATA A ABATAJELOR DE CARBUNE:

- pentru straturi groase: tip SMA-1 şi SMA-2;
- pentru straturi subţiri: tip SMA-PH-1 şi SMA-PH-2;

UTILAJE DE TAIERE MECANIZATA A CARBUNELUI IN ABATAJE:

- combina pentru tăiere în lignit tip CA-1;
- combina cu atac frontal tip CA-2;

FOREZA ELECTROHIDRAULICA TIP MHF-45;

UTILAJE DE TRANSPORT PE VERTICALA;

ECHIPAMENT HIDRAULIC MINIER DE COMANDA;

ECHIPAMENT ANTIGRIZUTOS DE COMANDA ELECTRICA.

IUM PETROSANI

**INTREPRINDEREA DE UTILAJ MINIER PETROSANI**